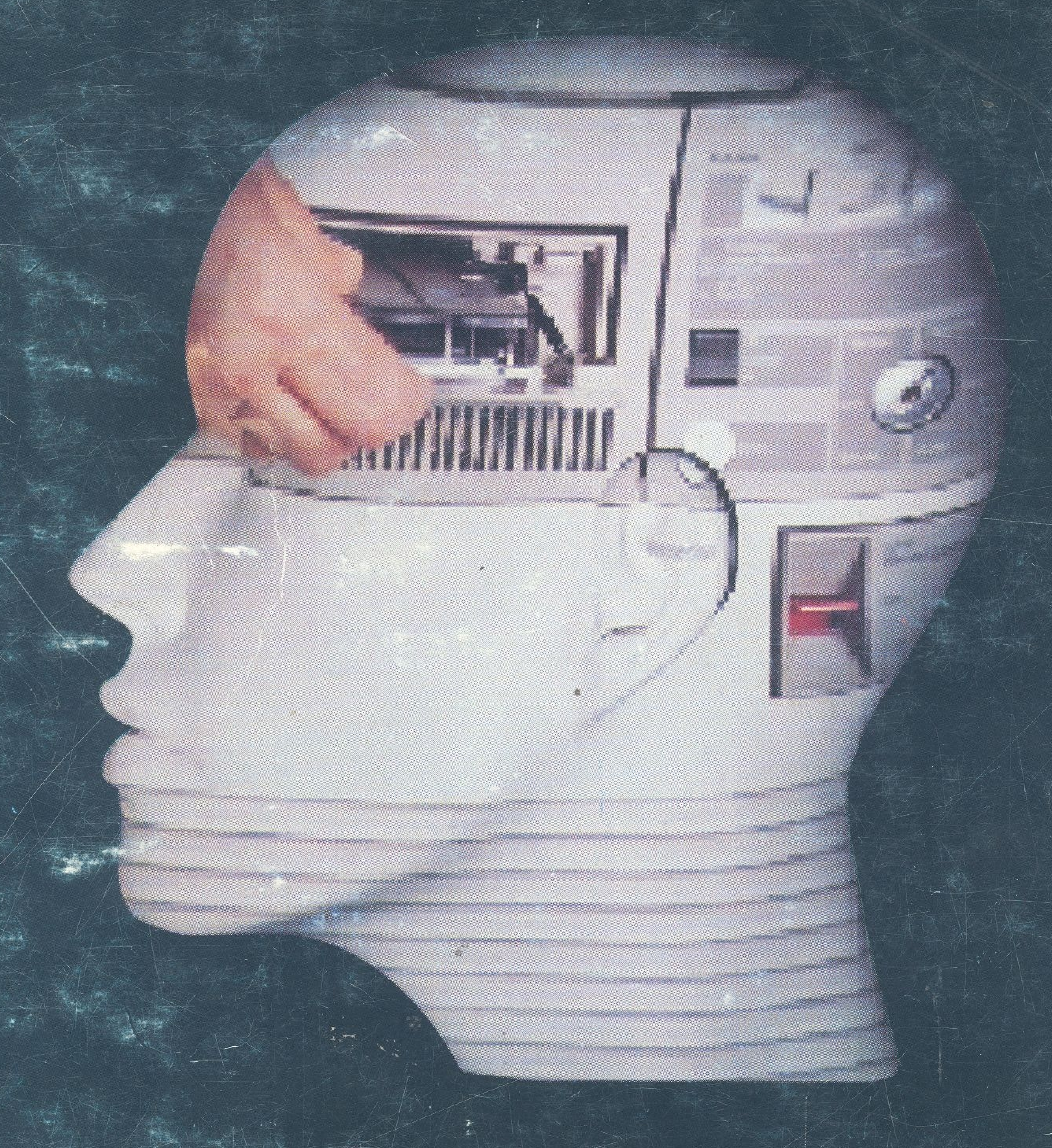
# مابعد المعلومات
## التاريخ الطبيعى للذكاء

المجلس الأعلى للثقافة

تأليف : توم ستونير

المشروع القومى للترجمة



ترجمة: مصطفى إبراهيم فهمى

232

# ما بعد المعلومات
## التاريخ الطبيعى للذكاء

تأليف
توم ستونير

ترجمة
مصطفى إبراهيم فهمى



إهداء

إلي كريس إيفانز

الرفيق الذى هوى أثناء الكفاح لفهم المستقبل

# المحتويات

# مقدمة المترجم

حدثت فى النصف الثانى من هذا القرن طفرات علمية هائلة أدت إلى ظهور تكنولجيات جديدة تؤثر فى أحداث الحياة اليومية لكل سكان الأرض ، من ذلك مثلاً الاستخدامات الحديثة للتكنولجيا البيولجية خاصة فيما يعرف بالهندسة الوراثية ، وكذلك ما استجد من النظريات والمعطيات فى فيزياء تشكيل الكون أو هندسة الكون سواء بأجرامه الضخمة أو جسيماته الدقيقة . ثم هناك الطفرة أو الثورة المعلوماتية بكمبيوترتها وما واكبها من وسائل الاتصال بعيدة المدى مما يمكن تسميته «بهندسة المعرفة» يتناول البروفيسور توم ستونير فى هذا الكتاب العناصر الأساسية فى ثورة المعلومات هذه التى تهدف الآن إلى خلق ما يعرف بالآلة الذكية .

يبدأ الكتاب أولاً بعرض للتاريخ الطبيعي للذكاء فى الحيوان والنبات بل والجماد . فالجماد فى صورة بلورة السكر مثلا يبدى أيضًا قدرة على معالجة المعلومات . فعندما توضع بلورة السكر فى محلول فوق مشبع فإنها تمد المحلول بالمعلومات التى تؤدى لبدء تفاعل يؤدى إلى تنامى البلورة فيما يعرف عاميًا بالسكر النبات . والمعلومات هكذا صفة فيزيقية أساسية فى كل النظم الكونية ، والذكاء ليس إلا نتيجة لتطور نظم المعلومات هذه . والذكاء بهذا المفهوم الموسع يمتد فى طيف متصل من الظواهر تبدأ فى أدنى الدرجات بظواهر ما يشبه الذكاء والذكاء البدائى فى الجماد ، ثم ما هو أرقى من ذلك فى النبات ، فالحيوانات البدائية ثم الحيوانات الراقية لنصل إلى أرقى الدرجات فى ذكاء البشر كأفراد وكمجتمعات .

وذكاء البشر يحفزهم دائما إلى تطوير وتوسيع وسائل إدراكهم المختلفة بما يكفل استمرار بقائهم وتكاثرهم وتحقيق أهدافهم والإنسان مثلا قد وسّع مجال حاسة الاستماع باستخدام التليفون والراديو ، كما وسع من مجال حاسة البصر باستخدام الميكروسكوب والتليسكوب ، وهناك أيضًا التلفزيون الذى وسع مجال الرؤية والسمع معا . وبمثل ذلك فإن الإنسان يوسع الآن من قدرات المخ باستخدام الكمبيوتر (الحاسوب) لاختزان المعلومات ومعالجاتها . ومنذ الخمسينيات والكمبيوترات تتطور تطوراً سريعًا بمعدل جيل فى كل عشر سنوات تقريبًا ، ونحن الآن على أعتاب إنتاج الجيل الخامس من الكمبيوتر الذى يطمح العلماء إلى أن يكون آلة ذكية تماثل البشر ذكاءً إن لم تفقهم . وليس غريبًا أن تفوق الآلة مخ الإنسان فى ذكائه ، ونحن لا نستغرب ما يحدث من أن الأوناش والروافع تفوق عضلاتنا قوة ، كما أن الروبوت يفوق الإنسان فى دقة أداء العمل . وعندما يتحقق إنتاج الآلة ذات الذكاء الفائق سيحدث نوع من الجدل بين ذكاء الإنسان وذكاء هذه الآلة بحيث يؤثر كل منها ويتأثر بالآخر ، بل إنهما قد يندمجا معا ليتطور عن ذلك نوع من ذكاء لا نعرف بعد كيف ستكون صورته ، وإن كنا ندرك مقدماته بل ونراها . لقد كان أول ما ظهر فى الكون الانفجار

الكبير هو الطاقة التي سرعان ما تطورت إلى مادة ، وهذه تطورت إلى الحياة . والآن فإن هذه الحياة ستتطور إلى ذكاء خالص سيكون فى شكل لا نسطيع الآن تصوره . ولعله سيكون مجرد «موجات فكر» هى التى سنتمكن عن طريقها من الانتقال عبر أرجاء الكون التى تقاس مسافاتها بملايين السنين الضوئية ، وهى مسافات تعجز أجسادنا الآن عن اجتيازها .

والمؤلف يسرد هذه المعلومات والنظريات بأسلوب مبسط يسهل الإلمام بها ويزيد شوقنا إلى معرفة المزيد عنها وعن نتائجها المثيرة .

وأخيراً لا يفوتنى أن أزجى عميق شكرى للدكتور المهندس نبيل على أستاذ هندسة المعرفة أو الكمبيوترات وكذلك للأستاذ المفكر الكبير سامى خشبة ، لما بذلاه من وقتهما ليفسرا لى بعض ما غمض من المصطلحات الفنية فى هندسة المعرفة وهندسة اللغة .

**د. مصطفى إبراهيم فهمى**

# شكر

بدأ تأليف هذا الكتاب حين كان المؤلف زميلاً فى معهد الدراسات المتقدمة للإنسانيات فى جامعة أدنبره . ويود المؤلف أن يشكر المعهد ومديره البروفيسور بيتر جونز لإتاحة هذه الفرصة له . كما أود أن أشكر زملائى فى ذلك الوقت لمناقشتهم المفيدة .

ويصدق نفس الشيء على زملائى فى جامعة براد فورد ، خاصة الدكتوراين جون شارب وستانلى هوفتون . وفى نفس السياق فإن ديريك كوزيكوسكى وجيفرسون ستونير وبيتر ستونير وماركوس توبام كلهم قد أنفقوا من وقتهم فى القيام لى ببعض التحريات العميقة الأمر الذى أشكرهم عليه .

هذا وقد تم فحص مخطوطة الكتاب على أساس مهنى ، سواء المخطوطة كلها أو أجزاء منها ، وذلك بواسطة دكتور فيليب باركر (تيسايد) ودكتور نيك بيرد (لندن) ودكتور نيجل فرانكز (باث) ودكتور أندور سيسونز (كوفنترى) ، وأنا أشكرهم لتعليقاتهم النقدية .

وبعد أن أنهيت معظم المخطوطة كان مما أسعدنى أعظم السعادة أن أقضى مع البروفيسور كلاوس هيفز (بريمن) عطلة نهاية أسبوع طويلة ونحن نسير معا ونناقش الجوانب المختلفة لظاهرة المعلومات ، بما فى ذلك مخطوطة الكتاب هذه ، وقد طرح البروفيسور هيفنر اقتراحات مفيدة كثيرة ، وساعد على بلورة عدد من الأفكار .

أما مارلين أليسون فإنها كما حدث فى كتب سابقه ، تحملت عبء مؤلف يغير دائمًا من رأيه وكان صبرها ومزاجها الطيب وكفاءتها كلها مما له أعظم الأهمية فى إعداد هذه المخطوطة .

وكتاباتى تتم كلها تقريبا فى بيتى والكتابة ليست سهلة بالنسبة لى ، وكنتيجة لذلك فإنى لا أفعل أمورًا كثيرة مما ينبغى أن أفعله ، وأفعل بعض أمور ينبغى ألا أفعلها وكل هذا يؤدى إلى الكثير من التوتر فى العلاقات الشخصية وأنا أشكر زوجتى جوديث لمشاركتها لى فى حياتى .

وأخيرًا أود أن أشكر جون واطسون لما أبداه من تشجيع ومؤازرة فى تحرير الكتاب ، وكذلك أيضًا سائر أعضاء فريق إسبرنجر - فيرلاج فى المملكة المتحدة وخاصة جين فورتس ، وروزى كمب ، ولندسى روبر ، ولندا سكوفيلد .

**توم ستونير**

ديسمبر ١٩٩١

## ١ - المقدمة

### تمهيد

يعد انبثاق ذكاء الآلة فى النصف الثانى من القرن العشرين أهم حدث فى تطور هذا الكوكب منذ نشأة الحياة التى مضى عليها ألفان أو ثلاثة آلاف من ملايين السنين .. وانبثاق ذكاء الآلة من خلال نسيج المجتمع البشرى هو أمر مماثل لما حدث منذ ثلاثة بلايين عام حين انبثقت جزئيات مركبة ناسخة لذاتها من خلال نسيج الحساء الجزيىء الغنى بالطاقة - أى أول خطوة فى تطوير الحياة . وقد أدى انبثاق ذكاء الآلة من خلال سياق المجتمع البشرى إلى تحريك عمليات مسارها لا ينعكس وستؤدى إلى أحداث نقلة فى التطور . وكما أن انبثاق «الحياة» قد مثل صيغة مختلفة نوعياً من حيث تنظيم المادة والطاقة ، فبمثل ذلك تماما سوف يمثل انبثاق «الذكاء» الخالص صيغة مختلفة نوعياً من حيث تنظيم المادة والطاقة والحياة .

وانبثاق ذكاء الآلة يبشر بتقدم النوع البشرى كما نعرفه ليصبح فى شكل لا يمكننا حالياً أن ندركه على أنه «بشرى» . وكما أوضح فورسايت ونايلور (١٩٨٥) فإن «البشرية قد فتحت صندوقين صناديق باندورا* فى نفس الوقت ، أحدهما عليه بطاقة بعنوان الهندسة الوراثية ، والآخر عليه بطاقة بعنوان هندسة المعرفة .

وما أطلقناه خارج الصندوق ليس واضحاً بالكامل ، إلا أنه يمكننا على نحو معقول أن نخاطر بالتخمين بأنه يحوى بذور من سيخلفونا . ولم يعد السؤال هو عما إذا كان الذكاء سيحل محل الحياة ، وإنما هو عن السرعة التى سيحدث بها ذلك ؟

وبالتالى فإن هذا الكتاب يختص بمستقبل النوع البشرى على المدى الطويل وهو بهذا يهدف إلى شد انتباه الجمهور العام إلى دلالات هذه التكنولوجيا غير العادية التى بزغت وسطنا ؛ فهذا تطور تكنولوجى لم يسبق ما يوازيه فى التاريخ البشرى .

لا ينظر هذا الكتاب إلى «ذكاء الآلة» على أنه تكنولوجيا تهدد البشرية «بالتدمير فيزيقيا» ، فذكاء الآلة ليس مثل تكنولوجيا الصواريخ النووية ،أى ليس كسيف دموقليس** المعلق فوق رؤوسنا مترقبا بعض رد فعل بشرى هستيرى أو خلل

---

* باندورا امرأة فى الأساطير الإغريقية أرسلها كبير الآلهة زيوس لعقاب البشر بعد أن سرق بروميثيوس النار . وأعطى زيوس لباندورا صندوقا ما إن فتحته بدافع الفضول حتى انطلقت منه كل الشرور لتعم البشر ولا يبقى بعدها إلا الأمل . (المترجم)

** فى الأساطير الإغريقية يتعلم دموقليس أن السعادة أمر غير مضمون ، وذلك بإجلاسه فى الأعياد والاحتفالات مهددا بسيف فوق رأسه معلق بشعرة واحدة (المترجم) .

وظيفى فى أحد الكمبيوترات ليضغط الزناد لتفجير كارثة نووية * . كما أن ذكاء الآلة لا ينذر بأى كارثة بيئية مثل تدمير طبقة الأوزون أو زيادة حرارة الأرض إلى مستوى لا يمكن تحمله . وعلى العكس تماما فإن التطوير السليم لذكاء الآلة سوف يتيح لنا أن نختبر شتى السيناريوهات وأن نحاكى شتى الخيارات ، وبالتالى فإنه يمدنا بأدوات قوية لتعزيز إصدار حكم متنور . والتطوير الملائم لذكاء الآلة يمكنه فى الحقيقة أن يحسن من نوعية الحياة بطرائق أخرى مختلفة لا حصر لها . كما أن المؤلف لا يخشى ما يوجد من دلالات على المدى الطويل ، ذلك أنه خلال أجيال جد قليلة سوف تتطور البشرية بما يتجاوز ما نعتبر حاليًا أنه بشرى (وإن كنا لا نفهمه) . أما ما يخشاه المؤلف بالفعل فهو أن نتطور هكذا ونحن فى عماء .

## الحاجة إلى علم لذكاء الآلة

ثمة سبب ثان لتأليف الكتاب ، سبب كامن بالفعل فى الاعتبارات المذكورة أعلاه : فإذا كان ذكاء الآلة قد صمم لتعزيز قدرة البشر على إصدار الأحكام ، سيكون من الأفضل لنا أن نجعله يعمل جيداً ! وهذا أمر مهم على وجه الخصوص عندما نتعامل مع التكنولوجيا الحربية . فالمعارك الإلكترونية أصبحت الآن القاعدة فى التخطيط العسكرى ، وليس هذا فحسب ، بل إن المبادرة الدفاعية الإستراتيجية التى اشتهرت باسم حرب النجوم قد صممت لتعتمد إلى حد كبير على نظم الذكاء الاصطناعى .

والتحول إلى نظم إصدار القرار القيادى المؤسسة على الكمبيوتر قد أصبح ضروريا بسبب تزايد السرعة التى يجب أن تصدر بها القرارات . وضغوط الوقت يمكن أن تؤدى إلى أخطار بشرية خطيرة . والمثل التراجيدى لذلك هو ما حدث من إسقاط لطائرة ركاب مدنية إيرانية بواسطة سفينة حربية أمريكية فى الخليج الفارسى فى يوليو ١٩٨٨ ؛ فالقبطان المتوتر عصبيًا ، والمسئول عن سلامة السفينة وبحارتها أمر بإطلاق القذائف على نبضة وافدة ظهرت على شاشة راداره ، وذلك قبل أن يمكنها الوصول إلى مجال إطلاق النار عليه . ولو كان لديه وقت أكثر لأمكنه التأكد من أنها ليست طائرة مقاتلة ، وإنما هى طائرة ركاب مدنية تطير فى الطريق الصحيح لمسار الخطوط المدنية .

لو أن أحد النظم الخبيرة كان يتحكم فى الإطلاق ، هل كان سيسلك على هذا النحو أم على نحو مختلف ؟ وحيث إنه قد أصبح المزيد والمزيد من النظم العسكرية يدار بالكمبيوتر ، وحيث إنه قد أمكن للمزيد والمزيد من البلاد إدخال تكنولوجيات متقدمة

---

* النتيجة المباشرة للحرب النووية ونتائجها على المدى الطويل قد تم تحليلها بالتفصيل فى كتاب سابق : ت . ستونير (١٩٦٤) ، «الكارثة النووية» بنجوين ، هارموند زويرت .

على قـواتهـا المسلحـة ، فـإن الأمر لا يـمكن أن يعد بعـد من الأمـور الأكاديمـيـة ، ومن الحقيقى أنـه كثيراً مـا يبنى داخل هذه النظم وسائل احتياط راقية ، خاصـة تلك النظم التى تتضـمن قوى ضـاربة نووية إستراتيجية . على أن ثمة معضلتين ينبغى أن يكون منهمـا سـبـبـا شـديد الانتبـاه . الأولى هى أنه عند وجـود نظام لإلغـاء إطلاق القـذائف كاستجابة للإنذارات الكاذبة يجب أن يكون هذا النظم فى حالة توازن مع النظام التى تحرك إطلاق القـذائف فى وقت لا يتـأخر عمـا ينبـغى . والمعضلة الثانية تتعلق بتـركب النظم ، وهـى مـعضلة أشـد رهـافة : فليس الأمـر أن احـتمـالات الخلل الوظيفى تتـزايد بمتـوالية هـندسـيـة مع زيادة تركب النظم فـحسب بل إننا أيضـا أننا بـعد نقطة مـعينة سنجد أن النظم المركبة تكتسب خصائص لا يمكن التنبؤ بها .

وقد شـهـدت سـنوات منتصف الثمـانينيات من القرن ثلاثة أوجه فشل للتكنولوجيا الراقية – انفجار مكوك الفضـاء تشالنجر وسط الهواء ، وأبخرة بوبال * . السامة التى حطت على مـدينة نائمة لا تشك فى شئ ، ثم انصـهار مـفاعل تشيرنوبل **. والحالات الثلاث كلها يمكننا أن نتعرف فيها على وجود أخطاء بشرية . ويوجد هنا إغراء هائل لأن نعمل على التقليل من هذه الأخطاء باستخدام نظم خبيرة مؤسسة على الكمبيوتر . وفى رأى المؤلف أن هذا أمـر سـيكون له مـا يبـرره لو كنا نعـرف مـا نفـعل ، ولكننا لا نعرف ، أو على الأقل لم نعرف بعد .

وبالتالى فـإن السـبب الثـانى لهذا الكتاب هـو المساعدة على إيضـاح بعض المشاكل والمفاهيم فى فرع علمى جديد مازال بازغًا – أى «هندسة المعرفة» . وهذا يتوافق مع ما يقـوله عـدد مـن العلمـاء الثـقـات مـثل جـوردون سكاروت (١٩٨٦) ، والذى ظل لسنوات عـديـدة يـنـاضـل فـى سـبـيل حـاجـتنا إلى «علم» للمعلومـات ، وبـالمثل أيضـا ألان بوندى (١٩٨٨) أستـاذ الذكـاء الاصطناعى بجـامـعـة إدنبره الذى يحـاج بأننا نحتـاج إلى أن نحول الذكـاء الاصطناعى إلى علم هندسى : فنحن فى حاجة إلى المعرفة العلمية بشأن الذكاء الاصطناعى بحيث يمكننا تصميم نظم خبيرة كبيرة قـابلة للاستعمـال يمكن الاعتماد عليها .

---

* بوبال مدينة بواسط الهند وقع فيها أثناء ١٩٨٤ حادث فى مصنع للمبيدات الحشرية تشغلّه شركة يونيون كاربيد الامريكية ، حيث تسرب للجو ٤٢ طنا من غاز إيزوسيانات الميثيل ، وهو غاز سام أدى تسربه فى جو المدينة إلى قتل ٧٨٩٤ من سكانها فيما يعد أسوأ كارثة صناعية فى العالم . (المترجم)

** تشيرنوبل مدينة فى أوكرانيا بها مفاعل ذرى أدى فساده إلى انطلاق الإشعاع بما أدى إلى أضرار إشعاعية تجاوزت أوكرانيا إلى بلاد أوربية أخرى . ( المترجم) .

مهما يكن تصميم المحرك البخارى جيداً ، إلا أنه لن يكون مفيداً إذا لم نمده بالمياه اللازمة لمراجله ، والوقود اللازم لتسخين هذه المياه . وبالمثل فإن الكمبيوتر مهما كان حاذقًا لن يكون مفيداً إذا لم يكن لدينا معلومات نغذيها داخل ذاكرته ، وإذا لم يكن لدينا قواعد لتشغيل جهاز ماكينة الاستدلال التى صممت لمعالجة هذه المعلومات . وهندسة المعرفة تحاول تشفير وتقطير المعلومات ؛ بحيث يمكنها أن تزود بالوقود تلك الآلات المنطقية التى تتزايد قوة والتى تعالج ما فى ذاكرتها من معلومات مختزنه . والنظم الذكية المؤسسة على المعرفة هي والنظم الخبيرة كلها نظم قد تأسست على الكمبيوتر ، وتأخذ المعلومات لتعالجها بأسلوب «ذكى» ومهمة مهندس المعرفة هى أن تقوم هذه النظم بأداء ذلك بكفاءة .

ووجه السخرية هو أنه بينما نجد أن المهندس الميكانيكى الذى يعمل بالماء والبخار يفهم معًا طبيعة المدخلات هى والعمليات الحرارية الديناميكية التى يستمر حدوثها داخل المحرك البخارى ، إلا أن مهندس المعرفة (أو أى واحد آخر له علاقة بالأمر) هو بالفعل لا يفهم شيئا عن الظاهرة التى نسميها «الذكاء» . بل حتى تصبح الأمور أسوأ فإنه لا توجد للآن أى نظرية حقيقية عن المعلومات . فالنظرية التى تجاز عمومًا على أنها نظرية للمعلومات هى فى الحقيقة نظرية عن الاتصال - أى نظرية لها القدرة على تحليل الاحتمال الإحصائى لظهور رموز معينة ، ولكنها تعجز عن تحليل معنى هذه الرموز *. وهكذا فإن مهندس البرمجيات الذى يناضل ليكون مهندس معرفة يصبح فى موقف حرج حيث إنه لا يفهم لا المداخل (المعلومات) ولا العمليات التى تدور داخل الكمبيوتر (عمليات الذكاء) .

والوصول إلى استيعاب نظرى جيد لمفاهيم المعلومات والذكاء أمر يتطلب طريقة تناول تعالج العلاقات بين فروع المعرفة . وهذا يؤدى إلى إشكالية فى كتاب من نوع كتابنا هذا . وقد سبق أن ذُكرت هذه المشكلة بإيجاز بليغ منذ ما يزيد عن أربعين سنة بواسطة الفيزيائى أروين شرودنجر الحائز على جائزة نوبل ، فقد ذكر فى (١٩٤٤) فى مقدمة كتابه الكلاسيكى الصغير «ما هى الحياة ؟» أن : «من المفترض أن يكون العالم حائزًا لمعرفة بعض الموضوعات ، بحيث تكون معرفة مباشرة وكاملة وشاملة ، وبالتالى يكون المتوقع منه عادة ألايكتب فى أى جانب من أى موضوع ليس متمكنا منه» .

* تعزى هذه النظرية إلى شانون وويفر ، وهى مستقاة من عمل هارتلى ، وتم تعديلها بواسطة بريلوين وخبراء آخرين فى الاتصالات بعيدة المدى ، وقد نوقشت هذه النظرية بالتفصيل فى مؤلف سابق لى : «المعلومات والبنية الداخلية للكون

سبرينجر - فيرلاج ، لندن ، ١٩٩٠ .

على أن شرود نجر يحاج بأن «فروع المعرفة ذات الأنواع المتعددة قد زاد انتشارها بالعرض والعمق .. وهذا الانتشار يجابهنا بمعضلة غريبة . فنحن ... قد بدأنا الآن فقد نكتسب مادة يمكن أن نعتمد عليها من أجل أن نلحم معا مجموع كل ما نعرفه فى كيان كلى ؛ ولكننا من الناحية الأخرى نجد أنه قد أصبح أكثر من المستحيل بالنسبة للعقل الفرد أن يسيطر سيطرة كاملة على أكثر من جزء تخصصى صغير من هذا المجموع ،، . ثم هو يستنتج أنه «لا يمكننى أن أرى مهربًا من هذه المعضلة ... إلا بأنه ينبغى على البعض منا المجازفة بالرسو على تركيب من الحقائق والنظريات .. مع المخاطرة هكذا بأننا قد نجعل من أنفسنا مغفلين» .

ثمة سبب آخر له علاقة بذلك يجعل تأليف كتاب مثل كتابنا هذا أمرًا أكثر صعوبة . فبعض المجالات التى يغطيها هذا الكتاب يحدث فيها التقدم بمعدل سريع جداً حتى إن الخبراء لا يكادون يلاحقون تدفق المعلومات الجديدة . وبالنسبة لمؤلف هذا الكتاب فقد ثبت له أن هذا الأمر يثير الجنون ، ذلك أنه فى كل مرة يبدو فيها أن مخطوطة الكتاب قد انتهت ، لا تلبث أن تظهر مقالة أخرى تتعلق بالموضوع ، أو يلفت نظر المؤلف أيضًا إلى كتاب آخر له أهمية عظيمة . وهذا يعنى أن الكتاب الحالى سيكون قديمًا فيما يتعلق ببعض تفصيلات معينة فيه . على أنه من المأمول أنه سيثبت أن الموضوعات الرئيسية فيه تصمد لاختبار الزمان .

والكتاب الحالى قد قصد به أن يكون واحداً من ثلاثية : أولها كتاب بعنوانه «المعلومات والبنية الداخلية للكون» (ستونير ١٩٩٠ ب) ، وهو يدرس بعض الدلالات المضمنة فى الفرض بأن المعلومات ذات حقيقة «فيزيقية» . والكتاب الحالى يدرس تطور الذكاء من نظم الذكاء البدائى حتى أكثر النظم ذكاء ! التى يمكن تصورها . والكتاب الثالث وعنوانه «مابعد الفوضى» ، سيحاول أن يرسم الخطوط الخارجية لمتطلبات نظرية عامة عن المعلومات . وهو سيتوسع فى الاستكشافات التى بدأت فى الكتابين الأولين ، ثم يدمج من أوجه نفاذ البصيرة التى تم اكتسابها بدراسة النظم الفيزيقية من ناحية والذكاء المتقدم من الناحية الأخرى . ومن المأمول أن هذه الثلاثية سوف تسهم فى إنشاء نظرية عامة للمعلومات .

## نظرة عامة موجزة على الكتاب

ينقسم الكتاب إلى تسعة فصول تبدأ بالفصل الحالى ، المقدمة التى تعطى أسباب هذا الكتاب ، وتضعه فى سياق الثلاثية ، وتنظر فى أمر أسئلة : ما هى المعلومات ؟ وما هو الذكاء ؟ و «المعلومات» تعد خاصة أساسية للكون ، أما «الذكاء» فيعد نتاجًا تطويريًا حتميا لنظم المعلومات المتقدمة . وبهذا فإن الذكاء يشمل طيفا من الظواهر .

هذا المفهوم بأن الذكاء يشمل «طيفًا» ، سننظر فيه بتفصيل أكبر فى الفصل الثانى مع مزيد من تكبير الصورة فى الفصول الثلاثة التالية : فالفصل الثالث ينظر أمر تطور الذكاء البدائى إلى الذكاء ، والفصل الرابع يبحث تطور الذكاء الجماعى فى مجتمعات الحيوان ، بينما الفصل الخامس يتابع تطور الثقافة والتكنولوجيا البشرية ، وما واكب ذلك من تزايد فى الذكاء الجماعى البشرى . والفصل السادس ينظر فى تطور ذكاء الآلة الذى خلقه الإنسان ، بينما الفصل السابع يقارن بين الكمبيوترات والمخ البشرى ويوضح أوجه التباين فيما بينهما . والفصل الثامن يبحث مستقبل ذكاء الآلة ، مع تأكيد خاص على الكمبيوتر من نوع «الشبكة العصبية» ، وكذلك على الاحتمالات التكنولوجية الأخرى . ويستنتج هذا الفصل أن الكمبيوترات سوف تصبح سريعا أكثر ذكاء من البشر ، وننظر فى الفصل أيضا فى احتمال اندماج ذكاء الآلة مع الذكاء البشرى الجماعى والفردى . والفصل الأخير يلخص ما سبق ويصل إلى الاستنتاج بأن اندماج ذكاء الآلة والذكاء البشرى سوف يخلق نقلة تطورية تدافع البشرية لأن تتجاوز نفسها .

## مشاكل التعريفات

ثمة مشاكل خطيرة عند محاولة تعريف المصطلحات المتعلقة بهذا الكتاب - المعلومات ، التنظيم ، ذكاء الوعى بالذات ، المعرفة ، البصيرة ، الحكمة ... الخ . والمشكلة الرئيسية هى أن كل الأفراد تقريبًا يعتقدون أنهم يعرفون ويفهمون هذه المصطلحات على نحو جيد جدًا . ويعكس هذا الاعتقاد حقيقة أن هذه التعريفات مغروزة بعمق فى لغتنا «البشرية» ، وإدراكاتنا «البشرية» وعجرفتنا «البشرية» - وباختصار فهى فى لغة من سياق «بشرى» خالص . وبالإضافة إلى ذلك فقد تم خلق قدر هائل من الأدبيات بدأت من فلاسفة العصور القديمة فى الشرق والغرب معًا ، ونتج عنها فرع من فروع الفلسفة ، وهو الأبستمولوجيا *

* الأبستمولوجيا : فرع من الفلسفة يبحث فى أصل المعرفة ، وتكوينها ومناهجها وصحتها ، وهى أيضا دراسة نقدية لمبادىء العلوم المختلفة وفروضها ونتائجها ، وتهدف إلى تحديد أصلها المنطقى وقيمتها الموضوعية (المترجم) .

وأدبيات الأبستمولوجيا يمكن إلى حد كبير تجاهلها وذلك لنفس الأسباب التى تجعل علماء الفيزياء ينزعون إلى تجاهل أدبيات الفلاسفة الطبيعيين السابقين لجاليليو: فرغم أن لها أهميتها فى تاريخ الفكر ، إلا أن هذه الأدبيات الفيزيائية تنقصها الخبرة الكافية «بالتجارب» الفيزيائية . وبالمثل فإن أى مؤلف أبستمولوجى تمت كتابته قبل مجىء ، الكمبيوتر لا يمكن أن تكون له إلا فائدة محدودة . ويمكن قول الشىء نفسه عن الأدبيات التى لا تلم بكوكبة العلوم الإدراكية الحديثة وفيزيولوجيا الأعصاب ، والإيثولوجيا * . وليس الأمر أن هذه التحاليل الفلسفية لا قيمة لها ، ولكن مع ما لهذه الأدبيات من العمق وبعد المدى فإنها ، ببساطة ، ليست مجزية بالنسبة للمؤلف لو حاول تغطيتها . ويكفى هنا أن نذكر أن مؤلف هذا الكتاب يسجل تحيته للعدد المتزايد من الفلاسفة ذوى التوجه العقلى التكنيكى الذين صاروا ممن يسهمون إسهامًا مهنيًا فى أمور الذكاء الاصطناعى (انظر التمهيد لبولوك ١٩٨٩) .

## ما هى المعلومات ؟

يعد جوردون سكاروت واحداً من أكبر المفكرين من مهندسى المعرفة المعاصرين ، وهو ( من خلال اتصال شخصى به فى ١٩٨٨) يعرف «التنظيم» و «المعلومات» بالتناوب فيقول : «النظام المنتظم هو تجميع من علاقات اعتماد متبادل لعناصر ، أو لأنظمة منتظمة . والمعلومات هى ما يتم تبادله بين مكونات النظام المنتظم لإحداث هذا الاعتماد المتبادل فيما بينها» .

والمشكلة فى هذا التعريف للمعلومات أنه يفشل فى تقييم المحتوى المعلوماتى للأنظمة المنتظمة التى لا يوجد فيها بين مكوناتها تبادل مباشر للمعلومات .

وبالمثل فإن الأبجدية تمثل نظامًا منتظمًا : فحرف «Q» يتبعه دائما حرف «U» إلا أنه لا توجد حلقة تغذية مرتدة بين الحرفين – فلا توجد معلومات يتم تبادلها بينهما . وبدلا من ذلك فإن «بيئتهما المعلوماتية» ( وهى فى هذا الحالة اللغة الإنجليزية ) هى التى تمد بقواعد ارتباطهما . على أن مفهوم سكاروت يمكن تطبيقه بنجاح عند تحليل الأنظمة البيولوجية والاجتماعية والأنظمة الأخرى المستخدمة فى « معالجة المعلومات».

---

* الإيثولوجيا : علم دراسة الشخصية والمغزى الأخلاقى . ( المترجم ) .

إذا كنا سننشىء نظرية عامة للمعلومات والذكاء فإن من المهم ألا نخلط بين «معالجة المعلومات» و «المعلومات» نفسها . وفيما يتعلق بهدف هذا الكتاب فإن المعلومات هى مفهوم مجرد (مثل الطاقة) يظهر نفسة بواسطة تنظيم النظم .

«فالمعلومات» مفهوم مجرد بما لا يزيد أو ينقص عن «الطاقة» . ونحن نعد أن أحد النظم يحوى طاقة إذا كان يحوى الإمكان لأداء شغل . وبالمثل فإن «أحد النظم يكون محتويا على معلومات لو نتج عنها أنه جعل النظام نفسه منتظما أو أن تجعل أحد النظم الأخرى منتظما» . بمعنى أن ما تكونه الكتلة بالنسبة للمادة ، أو ما تكونه الحرارة بالنسبة للطاقة ، هو ما يكونه التنظيم بالنسبة للمعلومات . و الكتلة والحرارة والتنظيم تعكس كمية المادة والطاقة والمعلومات التى يحويها أحد النظم . وكلما زاد ما يحويه أحد النظم من معلومات ذاتية زاد تنظيمه كبراً وتركبًا . وكلمة «ذاتية» قد أدخلت هنا لتمييزها عن «المخزونة» ، أو المعلومات الأخرى التى ربما تكون قد أضيفت للنظام دون أن تسبب إعادة تنظيم أساسية للنظام .

والكمبيوتر الذى يختزن المعلومات يظل كمبيوتراً بصرف النظر عما إذا كان مستخدماً فى تخزين معلومات كثيرة أولا يختزن أياً منها .

والمشكلة أنه فى حين أن لدينا التكنولوجيا اللازمة لأن نقيس كميا قدر الكتلة التى يحويها أحد النظم – بأن نزنه مثلا – إلا أننا مازال لدينا مشاكل فى تقدير كمّ التنظيم . على أن ما يحدث من تغيرات فى الأنتروبيا * التى يمكن قياسها كميا فى النظم الفيزيائية ، يمكن استخدامه لقياس التطورات التى تحدث فى تنظيم نظم كهذه . ومن الواضح أن تحليل المادة يصبح أكثر صعوبة عندما نتحرك من النظم الفيزيائية إلى النظم البيولوجية والاجتماعية . وعندما نصل إلى النظم البشرية يصبح الأمر بالغ التعقيد حقا . وأحد أسباب ذلك أننا ننزع إلى الخلط بين «المعلومات» و «المعنى» . فالمعلومات التى يحويها أحد الكتب هى موجودة فيه بصرف النظر عما إذا كان أى واحد سيقرأ هذا الكتاب ، أو أن يعجز الواحد عن حل شفرة المعنى لأنه مكتوب بلغة أجنبية . وبالمثل فإن موجة الراديو التى تحمل رسالة ، تحمل المعلومات بصرف النظر عما إذا كان أى واحد سوف يفتح الراديو أولا ، أو بصرف النظر عن أنه لو كان هناك من يفتحونه فإنهم سيعجزون عن فهم إذاعة باللغة الأجنبية .

وفكرة «المعلومات» لها حقيقتها الفيزيقية (وليست فحسب مرتبطة بالنشاطات البشرية المعلوماتية) هى فكرة بديهية لخلق نظرية عامة للمعلومات . وهى أيضا شرط

---

* الأنتروبيا : كمية رياضية متداولة فى علم الديناميكا الحرارية ولها معادلة لقياسها هى الأنتروبيا = كمية الحرارة التى تكتسب أو تفقد مقسومة على درجة الحرارة المطلقة التى يحدث عندها ذلك . وتقول نظرية الأنتروبيا إن ترتيب جزئيات المادة يميل دائما إلى التغير من الانتظام إلى ما هو أكثر اضطرابا وفوضى . (المترجم).

لازم لتحليل ظاهرة الذكاء . وإذا لم تكن هناك موافقة على هذا التبصر الأساسى بشأن المعلومات ، فإن الكثير من سائر هذا الكتاب لن يكون له أى معنى .

والمؤلف يُرجع القارىء إلى أعماله السابقة (ستوينر ١٩٨٦ (أ) ، ١٩٨٩ ، ١٩٩٠ أ ، ب) لمزيد من المناقشة التفصيلية عن دور المعلومات فى النظم الفيزيقية والبرهان على أن المعلومات ليست أمراً يعتمد على النشاط الذهنى البشرى . على أنه قد يكون مما يجدر بالاهتمام أن نلخص بإيجاز الحجج التى طرحت فى كتاب «المعلومات والبنية الداخلية للكون» .

إن دنا * هو المادة الكيماوية التى تشفر للمعلومات الوراثية ، وقد ظل دنا موجوداً لما يحتمل أن يكون ألف مليون سنة ، بينما البشر لم يوجدوا إلا لملايين معدودة ، وبالتالى فيجب أن نستنتج أن «المعلومات» ظلت موجودة زمنا طويلا جدا أطول كثيرا من وجود البشرية .

ويشكل دنا الخلية نظام معلومات بيولوجى هو الأكثر تقدماً على مستوى الخلية . وهو يحوز شفرة تم تحديدها بوضوح ، ويتم فك الشفرة بجهاز الماكينات الإيضية بالخلية ليتم إنتاج خلية أخرى وكذلك أيضا لإنتاج صورة طبق الأصل من دنا . وفى مفارقة مع ذلك فإن دنا الفيروسى لا ينتج خلية أخرى ، وإنما ينتج فقط مزيدا من الفيروسات .

وهناك حامض رنا RNA ** الوثيق الصلة بدنا ، وحامض رنا فى الفيروسات مثل فيروس الإيدز يكون مثل نظيره دنا قادراً على الإكثار من نفسه بأن ينشط جهاز ماكينات الإيض عند مضيفه . ورنا الطبيعى (غير الفيروسى) الموجود فى الخلايا يتألف من العديد من الأصناف المتميزة التى لا تعمل فحسب كرسل – أى أجهزة إرسال المعلومات – وإنما تعمل أيضا على أن تحول هذه المعلومات إلى تطبيقها العملى ، أى إنتاج البروتينات . ودنا ورنا كلاهما يعمل بمثابة القوالب . وهذا ما تفعله أيضا الأغشية . فالأغشية تقسم الأنشطة الأيضية للخلايا فى أقسام مستقلة . ودورها مهم لتنظيم الخلية : فبدون أغشية لا يمكن أن توجد خلايا . ونشأة الحياة لابد وأنها قد تطلبت تنظيم البنيات الغشائية الموجودة من قبل لتصبح بنيات خلوية . والأغشية تحدد الحاجز بين الخلية وبيئتها .

تعمل الأغشية بأن تسمح لكيماويات معينة بأن تمر من خلالها ، وتمنع مرور كيماويات أخرى . وهى بهذا مشغولة فى نشاط من معالجة المعلومات . بالتالى ، فان الأغشية قد تعمل لا فحسب كقوالب تتحكم فى تضاعفها هى نفسها ، وأنما قد .

---

* دنا DNA : اختصار اسم حامض نووى هو دى أوكسى ريبونيو كليك ، وهو المكون الأساسى للجينات أو المورثات الموجودة فى نواة الخلية . (المترجم) .

** رنا RNA : اختصار اسم حامض نووى آخر هو ريبو نيوكلييك وله دور مهم فى نقل رسالة دنا وتنفيذها فى الخلية .

يكون عملها أيضا ، كما هو الحال مع رنا ، بحيث إن وظيفتها الخلوية قد تتطلب معالجة المعلومات .

وإذا كنا نقر بأن دنا يحوى معلومات ، فإننا يجب أن نقر أيضا بوجود نفس الخاصية لرنا وللأغشية . على أنه ليس من المنطقى أن نتوقف هنا : فالبروتينات جزء جوهرى من الأغشية المعقدة ، وهى تساهم مساهمة حميمة فى عملية معالجة المعلومات التى تدخل فى المرور الانتقائى للجزئيات . والبروتينات الخلوية الأخرى المسماة بالإنزيمات تحفز التفاعلات الكيميائية ، بأن تمد بقوالب تسمح باتحاد المواد المتفاعلة . وبالعكس ، فإن الإنزيمات قد تقسم الجزئيات الأكبر إلى جزئيات أصغر ، وذلك مرة ثانية بتنظيم موضع للانشطار بما يسمح بأن يجرى التفكك على مستويات طاقة منخفضة نسبيا . ويجب أن نفهم التفكك بالإنزيمات لا فحسب بلغة تغيير فى طاقات التنشيط ، ولكن أيضا بلغة مُدخل من المعلومات يؤدى إلى تخفيض الاحتياج للطاقة .

ويمكننا الاحتجاج بهذه المحاجة نفسها بالنسبة لعوامل الحفز غير العضوية . وهناك بيان عملى كلاسيكى يعرض فى الفصول المدرسية ؛ حيث يتم إسقاط بلورة من ثانى أكسيد المنجنيز فى محلول من برمنجنات البوتاسيوم ، بما يعطى مثلا لعملية من التحليل الذاتى حيث تقوم البلورة غير العضوية بمضاعفة نفسها من مادة تفاعل لها تركيبها الكيماوى الذى يختلف عن البلورة . ومرة أخرى فإنه لا يكفى أن نحلل عملية كهذه بلغة خالصة من التغيرات التقليدية للجزئيات والطاقة . وبدلا من ذلك فإنه ينبغى أن نعتبر أن البلورة البذرة قد أمدت بالمعلومات الضرورية لابتداء التفاعل ، وأن العملية كلها هى أيضاً تتطلب معالجة للمعلومات . ومعالجة كهذه ينتج عنها تغيرات فى التنظيم الجزيئى للنظام . وهذه التغيرات فى الحالة التنظيمية للنظام تظهر كتغيرات فى الأنتروبيا .

مرة أخرى نحن لا نستطيع أن نضع حداً فاصلاً عند ثانى أكسيد المنجنيز : فأى بلورة بذرة يتم إسقاطها فى محلول مشبع من نفس مادتها سينتج عنها تشكيل مزيد من البلورات ، بما يؤدى بالنظام إلى أن يصبح أكثر انتظاما . والبلورة البذرة قد أمدت بالمعلومات من أجل ابتداء العملية ، عمليات بمثابة قالب لتنظيم الجزئيات المنتشرة لتصبح فى بنيان بلورى . ومن المعقول تماما أن نعتبر أن البلورة البذرة قد أمدت النظام بالمعلومات . وحتى عندما يثبت أن كم المعلومات الذى تحويه البذرة غير العضوية هو كم أقل إلى ما عند مقارنته بكم المعلومات الذى يحويه حامض دنا ، إلا أننا يجب أن نوافق على أن الاختلاف كمى وليس نوعيا .

وإذا كان من الممكن لشىء بسيط مثل بلورة غير عضوية أن تحوز معلومات (وإن كان ذلك فحسب بكميات صغيرة نسبيا) ، فهل يكون من غير المعقول أن نفترض أن كل البنيات المنظمة تحوى معلومات ؟ إن الإجابة فى رأى المؤلف هى شىء محتوم .

وبالتالى فإن الأمر قد عولج فى هذا الكتاب على أنه من البديهيات : «فأى نظام يبدى تنظيما هو نظام يحوى معلومات» .

ولفهم العلاقة بين المعلومات والتنظيم ، يمكن لنا أن نقارن بين هذين الكيانين وبين الطاقة والحرارة . منذ قرون معدودة لم يكن هناك وجود لمفهوم «الطاقة» . فالشىء يكون ساخنا أو باردا بالطريقة نفسها التى تكون الأشياء بها جامدة أو طرية . وبالطبع كان من المعروف أن الشىء نفسه قد يكون ساخنا فى أحد الظروف وباردا فى ظرف آخر . وفوق ذلك ، فإنك تستطيع أن تسخن شيئا ، كقطعة حجر مثلا ، بأن تعرضها لنوع من النيران أو للشمس . وقد أمكن تفسير ذلك تفسيرا جيدا بنظرية العناصر الأربعة المستقاة عن قدماء الإغريق : فإذا كان كل شىء مصنوعا من توليفة من التراب والماء والهواء والنار ، فنحن عندما نسخن شيئا سنضيف إليه عنصر «النار» . وبالتالى فإن الشىء يحوى الآن نارا .

ومن المهم أن نميز بين مفهومين ، وهما أن «الحجر يحوى حرارة» ، وأن «الحجر يحوى طاقة» . فالمفهوم الأول يعنى أنك لا تستطيع الكثير إزاء هذا الأمر ، وأفضل ما يمكنك فعله هو أنك تستطيع نقل الحرارة إلى شىء آخر . وعلى النقيض فإن «الطاقة» تعرف بالقدرة على أداء الشغل ، والشغل قد يستخدم فى أشكال أخرى من الطاقة مثل الطاقة الميكانيكية . بمعنى أن الماء الذى يتم تسخينه ليصبح بخارا ، يحوى لا فحسب حرارة ، وإنما يحوز أيضا الطاقة التى يدفع بها محركا بخاريا .

وبنفس المنوال يمكن إظهار التباين بين «نظام يظهر التنظيم» ، ونظام يحوى معلومات . فكما هو الشأن بالنسبة «للحرارة» و «الطاقة» ، فإن المفهوم الأول هو تقريبا مفهوم إستاتيكى بالكامل . والتنظيم يتم الوصول إليه بتطبيق شغل على النظام بما يجعله منتظما ، وما إن يتم تنظيم نظام – حتى يكون فى هذا فصل الأمور : فالتنظيم هو المنتج النهائى .

وعلى العكس ، لو أضفنا معلومات إلى أحد النظم فإنه يصبح لدينا عملة مشتركة مثل الطاقة ، يمكن استخلاصها لأداء شغل ولتنظيم نظام آخر ، أو هى بطريقة أخرى قد يتم تحويلها أو نقلها .

ويكفينا فى ذلك مثل واحد بسيط : «إن محرك البخار يحول الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية» ، وهذه الجملة لو قرأتها بصوت عال لشخص آخر فى الحجرة ستوضح الفارق بين التنظيم والمعلومات : ففيما يختص بالكلمات المطبوعة على أحد الصفحات ، فإن الخطوط المختلفة هى والنقاط قد نظمت فى حروف والحروف فى كلمات والكلمات فى جملة . وعند قراءة ذلك لشخص آخر فإن «المعلومات» هى التى تنتقل ، وليس «نمط» جزيئات الصبغة التى على صفحة الورق . ويتم الآن اختزان المعلومات أيضا فى رأس

الملتقى كنمط ما ، ولكنه نمط من نوع جد مختلف ، نمط من الاتصالات العصبية . وإذا طبعت الجملة فى كمبيوتر فإن المعلومات سيتم اختزانها كنمط من مفاتيح التشغيل والإغلاق . ولو تم تسجيل الجملة المنطوقة على شريط تسجيل فإن المعلومات يتم اختزانها كأنماط من مناطق ممغنطة على الشريط . وفى كل حالة تكون «المعلومات» هى العملة المشتركة . أما «أنماط التنظيم» فإن منتجها ، وطبيعة هذه الأنماط تتحدد حسب خصائص النظام الذى تعمل عليه المعلومات فعلها .

## ما هو الذكاء ؟

تستطيع آلة الجيب الحاسبة أن تستخلص الجذر التربيعى لأحد الأرقام فى غمضة عين – أى أسرع كثيرا مما نستطيعه نحن . هل يعنى ذلك أن حاسب الجيب أكثر ذكاء من الكائن البشرى ؟ ماذا يعنى أن تكون ذكيا؟

تنزع القواميس إلى تعريف الذكاء بلغة من المقدرة على الفهم ، والقدرة على الاستيعاب ، وإدراك مغزى أحد الأفعال أو أحد التواصلات . والشخص الذكى هو من يحوز الذكاء . وبهذه اللغة فإن حاسب الجيب لا يمكن أن يعد ذكيا . فالآلة الحاسبة لا تدرك مغزى المسألة ولا حلها . والحقيقة أنها لا تفهم ما يجرى فيها هى نفسها من عمليات – فهى فحسب تؤدى هذه العمليات وفق البرنامج الذى تمت هندسته فيها .

وتعريفات القواميس موضع جيد لنبدأ منه ؛ فهى تساعد على تعريف مدرك عام . على أنه إذا كان لنا أن نفهم ظاهرة الذكاء ، فسوف نحتاج إلى أن نذهب لما هو أبعد من الاستخدام العادى للمصطلح فسوف نحتاج إلى أن نستكشف أمورا أبعد كثيرا .

## الذكاء : طيف من الظواهر

سوف نجد بالحدس أنه حتى من يكون منا على أقصى درجة من نزعة التمحور على الإنسان إلا أنه سيشعر بأن الحيوانات الأرقى تحوز شكلا ما من الذكاء . وأى محب للكلاب لا يمكنه أن يؤمن حقاً بأن بزن الكلاب محرومة من الذكاء ، بل إن من يحوزون أسماك الزينة يدركون وجود شخصيات للأسماك المختلفة وهى فى حوضها – فبعضها أكثر عدوانية ، وبعضها هادئ ، وبعضها يحرص على التجمع فى سرب ، وبعضها

انعزالي ويدافع عن منطقته بعنف ، وكلها تتعلم سريعا الإشارات الدالة على أنها على وشك أن تنال غذائها . هذه القدرة على التعلم سواء بواسطة السمك أو الطيور أو الكلاب أو البشر هي ما نتعرف فيه على ومضات من الذكاء .

ومن الحقيقى أن السمك ليس «ذكيا» بالطريقة التى نكون نحن بها أذكياء . فنحن ، رغم كل شيء ، أكثر المخلوقات ذكاءً على الأرض - أو على الأقل هذا ما نُدفع إلى الإيمان به . على أننا إذا سلمنا بوجود نوع ما من الذكاء عند الحيوانات - السمك والببغاوات والكلاب والقرود - فإننا ندرك عندها أن الذكاء قد يكون موجودا كطيف من الظواهر ، بمعنى أنه ليس مسألة من وجود كل شيء أو لاشيء . وهذا الحدس هو ما يصبح أمرا مهما لإنشاء فهمنا لظواهر الذكاء . وهذا الحدس هو أيضا ما قد تم تشكيل صيغته بواسطة رجل هو أعمق من رصد الظواهر البيولوجية - تشارلز داروين - حينما طرح مبدأ «المتصل الذهنى» مقررا أن الاختلافات فى النشاط الذهنى بين الأنواع المختلفة للحيوانات هى اختلافات فى الدرجة وليست فى النوع (انظر العرض الذى كتبه منزل ١٩٨٦) .

وإذا كان لابد وأن ننظر إلى الذكاء على أنه يشمل «طيفا» من الظواهر ، فإن هذا الطيف ليس بالشيء البسيط ذى البعد الواحد . إنه ، كما نقول مثلا ، لايشبه طيف الضوء . ففى حالة الضوء نحن نعرف أنه جزء من الطيف الكهرومغناطيسى ؛ حيث «الأحمر» هو عند طرف أطول الموجات طولا «والبنفسجي» عند الطرف الآخر . وفيما بين الطرفين يقل طول موجات الضوء بينما يتزايد التردد ، وذلك فى منوال بسيط خطى . أما طيف الذكاء فلا يعمل بهذه الطريقة لأنه كلما كان الذكاء أكثر تقدما فإنه يصبح أكثر تركبا . والأشكال المتقدمة من الذكاء يجب الحكم عليها بواسطة عدد متزايد من المعلمات «المستقلة» ، ويمكن ضرب مثل ذلك باستخدام «اللون» كمثال بدلا من «الضوء» ؛ فاللون يؤلف جزءا من إدراكنا لهذا الجزء من الطيف الكهرومغناطيسى الذى «نراه» (ونحن أيضا قد «نحس» بجزء من ذلك الطيف إذا كان مكثفا بدرجة كافية كما يحدث عندما نستدفىء بالشمس) . وبالنسبة لكثافة الضوء ، فإننا عندما نسلط الضوء على شيء بواسطة مصدر ضوء واحد ، ثم نزيد من إضاءته بإضافة مصدر ضوء ثانٍ فإن هذا الشيء سيبدو أكثر سطوعًا . فمصدرا الضوء ، وهما معا ، يتضايفانً كميا ، ولايحدث تغير نوعى فى إدراكنا للشيء (إلا إذا كان المصدر الأول جد معتم بحيث لا يمكننا فى أول الأمر رؤية الشيء) . والأمر ليس هكذا عندما نضيف شتى أطوال موجات الضوء التى تولد فينا إدراك اللون . ونحن عندما ننظر إلى مزيج من الأمواج ذات الأطوال المختلفة فإننا لا نرى حاصل جمع أطوال هذه الموجات كما لا نرى متوسطا لهذه الأطوال . ولو أننا مزجنا أجزاء متساوية من موجات ذات أطوال مزرقة وموجات ذات أطوال محمرة (٤٠٠ نانومتر و٧٧٠ نانومتر بالترتيب) ، فإن

حاصل الجمع ينبغى أن يكون ١.١٠٠ نانومتر ، بينما المتوسط هو ٥٥٠ نانومتر . والموجة الأولى هى فى المنطقة تحت الحمراء فيما يتجاوز إدراكنا البصرى ، والأخيرة ينبغى أن تظهر خضراء . وبدلا من ذلك فإننا سنرى لونا ضاربا للأرجوانى (فوشيا) . وعندما نمزج معا كل الأمواج ذات الأطوال المختلفة فإننا نرى لونا أبيض . فطبيعة مالدينا من متلقيات ضوئية بشرية ، مع ما تقترن به من الشبكات العصبية التى تفسر استثارة هذه المتلقيات ، هى بحيث يصبح فى الإمكان مزج شرائط ضيقة نسبيا من الإشعاع الكهرومغناطيسى (مثلا ، تلك التى تكون أقطارها فى تقابل على خريطة مونسيل للألوان) وذلك للوصول إلى انطباع اللون الأبيض .

ويبدو فى الحقيقة أن الانطباع اللونى الذى يتولد عندنا يتطلب إدراك وتفسير ثلاث معلمات مستقلة على الأقل . وهذه المعلمات قد تم تحديدها وتكميتها بواسطة مونسيل (١٩٤٦) وهى : «صنف اللون» (اسم جنس «اللون» المعين – أحمر – أصفر – قرمزى الخ – الذى يتعلق بموجات ذات أطوال معينة ، أو بمزيج منها) ، و «قيمة اللون» (أى ما يصف «كثافة الضوء» ويميز ما إذا كان اللون فاتحا أو غامقا) ثم «الصبغة» (أى تشبع صنف لون متميز ، أو درجة الافتراق عن الإحساس اللونى بالأبيض أو الرمادى) .

وباستخدام تعريفات أخرى ، يكون من الواضح أننا يمكننا على الأقل أن نميز ثلاث معلمات ، كل منها يمكن أن يتباين كميا ، لكن توليفاتها تعطينا إحساسا باختلافات نوعية : فأولا ، يمكننا أن نميز بين شتى أطوال موجات الضوء أو تردداته ، وثانيا ، فإننا ندرك ما للضوء من كثافة ، أى مستويات الطاقة التى يبثها مصدر الضوء ، وثالثا ، فاننا قادرين على أن نكشف مدى نقاوة التردد ، أو ما إذا كان مزيجا من موجات ذات أطوال عديدة . والحقيقة أن الإدراك البشرى للون أمر جد معقد بحيث إنه مازال غير مفهوم فهما كاملا ، كما يوضح تشمبرلين وتشمبرلين (١٩٨٠) (ص٧) : «ما من نظرة واحدة فى الوقت الحالى تفسر على نحو مرض كل الحقائق التى رصدت وكل الاعتبارات النظرية» .

«وذكاء» الثدييات – أى القدرة على إدراك وتحليل بيئة الكائن الحى – يعتمد اعتمادا شديدا على الأعين ، وذلك من أجل رؤية وتفسير الجوانب المختلفة للبيئة (من الواضح أن الأنواع العمياء مثل الخلد هى أنواع مستثناة من ذلك) .

ويمكن لنا – إذن – أن نعتبر أن إدراكنا (البشرى) للون هو أكثر تركبا ورقيا عن إدراك حيوان مثل القطة ، التى لديها عماء للون الأحمر . ونحن مثلنا مثل الرئيسيات الأرقى الأخرى ليس لدينا صعوبة فى التقاط ثمار كرز حمراء من فوق شجرة كرز خضراء . ولكن القطط ستجد صعوبة فى ذلك : فالقطط سوف ترى الأوراق وثمار الفاكهة كدرجات مختلفة من الرمادى . ومن الواضح بالتالى أن الرؤية البشرية أرقى . أو لعل هذا موضع

للتساؤل ؟ فالقطط ليس لديها أى اهتمام خاص بالكرز . بدلا من ذلك فإن عين القطة قد صممت للرؤية الليلية بما يسمح للقطط بأن تتحرك سريعا متسللة فى الظلام الذى قد يؤدى بنا نحن إلى أن نتعثر ؛ فأى جهاز بصرى هو الأرقى ؟

إن الإدراك البصرى للأشياء والحركة والتغيرات فى بيئتنا هو فحسب جزء صغير من ذكائنا البشرى الذى يساعدنا على تحليل ما يحيط بنا بذكاء ، والاستجابة لذلك بذكاء . وعلماء الإدراكيات قد حاولوا فى الماضى قياس معامل الذكاء ، أو بعض معلمة أخرى منفردة للذكاء ، وقاسوا هذا المعامل عند أفراد البشر ، كما قاسوه بما يشمل النوع البشرى . وقد أضفى على نتائجهم هذه ثقل مرجعى ليس له ما يبرره مطلقا . فمظاهر الذكاء البشرى تتحدد بعوامل شتى ثقافية وبيئية ، كما تتحدد أيضا بعوامل وراثية . وكل هذه مدخلات ذات أبعاد متعددة . وحتى التوائم «المتطابقة» لديها اختلافات فى بنيات مخها عند الولادة (أيدلمان كما عرضه روزبنفليد ١٩٨٨ ، ص ١٨٦) .

أما القياسات التى تشمل النوع كله فقد أصبحت تتزايد غموضا . فنحن حين نتعامل مع الأمخاخ – حتى أمخاخ الحشرات – نتعامل مع أشكال متقدمه من التركب. وينبغى علينا أن نقارن السلوك الذكى بصفات أخرى فيزيقية مثل الحجم أو القوة أو طول العمر . وسنجد فى الثدييات أن كلا من الفئران والأفيال تتكيف جيدا مع بيئاتها ، إلا أنها تتباين تباينا عظيما فى هذه الصفات الثلاث . إن ما يفرض حجم وقوة وطول عمر هذه الكائنات الحية هو التاريخ التطورى والمتطلبات الإيكولوجية * و يمكن أن نقول نفس الشىء عن الذكاء .

وبالنسبة لأى كائن حى بعينه ، فان طبيعة ذكائه وتركبه تتحدد بيئته . وإذا كان الذكاء يشمل طيفا من الظواهر ، فإنه ولاشك أمر معقد ومتعدد الجوانب إلى مالانهاية . وهو ليس بكمية ما تقاس بسهولة وتعبر فحسب عن نفسها على أنها قدرة على الاستدلال المنطقى . إن أقل القليل من نفاذ البصائر البشرية العظيمة قد تم استقاؤه كنتيجة لاستنباطات منطقية . وما يحدث عادة أن الحصول على تبرير لما وصلت إليه هذه البصائر أو التحقق من صحتها – يتم باستخدام الاستدلال بعد الوصول للحقيقة . أما الإلهام الأصلى بها فيدخل فيه إدراك جد مشوش لأنماط رهيفة ، الأمر الذى تتميز به نظم الذكاء المتقدمة .

---

* نسبة للإيكولوجيا ، أى فرع البيولوجيا الذى يدرس العلاقة بين الكائنات الحية وبيئتها . (المترجم) .

## الذكاء : التعريف الأساسى

نحن فى حاجة قبل مواصلة كتابنا هذا ، إلى أن نعرّف الذكاء فى لغة من مصطلحات أساسية ذات نطاق واسع . وبالنسبة للهدف من النقاش الحالى ؛ فإن «الذكاء» يعتبر خاصة لنظم المعلومات المتقدمة . وكما أن «المعلومات» هى خاصة فيزيقية أساسية للكون ، فبمثل ذلك يكون «الذكاء» نتاجا لتطور نظم المعلومات .

والذكاء وضع أو حالة . وكخاصة لنظم المعلومات المتقدمة ، فإن «الذكاء» لا يمكن التأكد من أمره إلا بملاحظة ديناميات النظام أو سلوكه . بمعنى أنه لا يمكن التأكد من أمر «الذكاء» إلا بلغة من «السلوك الذكى» . وبالمثل ، فإن من المستحيل تقييم الذكاء الحقيقى لأحد الأطفال وهو نائم . وإنما يقيم ذكاء الطفل بملاحظة طريقة استجابته لبيئته (بما فى ذلك استجابته للأسئلة التى يضعها عالم سيكولوجى) .

ولا توجد علاقة بين الذكاء ونظام فى حالة إستاتيكية ، ومن الناحية الأخرى فإن النظام الديناميكى فى البيئة المتغيرة ربما لا يكون قادراً على البقاء مستقرا إلا بفضل الاشتغال بسلوك ذكى .

إن كل ما يحتاجه الأمر للمحافظة على نظام فى حالة من الانتظام – الإستاتيكى أو الديناميكى – هو المعلومات . ويصدق هذا على الأقل فى البيئة التى تكون ثابتة نسبيا . على أنه عندما تكون البيئة متغيرة ، يحتاج الأمر إلى «الذكاء» للإبقاء على سلامة النظام بأن يكيِّف النظام للتغيرات البيئية .

والنشاط الذكى يتطلب ، فى معظمه ، أن يكون النظام قادراً على تحليل بيئته ، ثم أن يصنع استجابة ذكية . والاستجابة الذكية قد ينتج عنها إحدى الحالات الثلاث الآتية :

١– أن يعزز النظام من «قدرته على البقاء» .

٢– أن يعزز النظام من «قدرته على التكاثر» .

٣– إذا كان النظام موجها بالأهداف ، فإنه يعزز من «إنجاز « الهدف » .

وما ذكرناه أعلاه يوسع من مفهوم الذكاء كما يستخدم عامة فى الحياة اليومية ، كما أنه يحاول فى الوقت نفسه تعريف مصطلح «الذكاء» بلغة دقيقة إلى حد معقول . ولكن حيث إننا نتعامل هنا مع ظاهرة متطورة ، فإن مالها من جذور يمنعنا من رسم خط فاصل دقيق بين ما هو ذكى وما هو غير ذكى : فثمة ظواهر موجودة هى بين بين . وسوف نعتبر أنها تشمل السلوك تحت الذكى ، أو سلوك «الذكاء البدائى» .

وكما أن حاسب الجيب مثلا يشتغل بمعالجة المعلومات ، فإن هذا هو ما يفعل مثله أيضا عدد من الأنظمة الفيزيقية مثل الأغشية التى تنتقى أنواع الجزئيات التى يمكن

أن تمر من خلالها . ويمثل ذلك أيضا يبدو أن نظما فيزيقية أخرى تكون قادرة على تذكر الأحداث السابقة وإن تغير من استجابتها للمدخلات البيئية ، وهذا بالطبع مماثل لما يمكن أن يفعله الكمبيوتر .

وبالتالى ، فإن نظما معينة لها القدرة على تنظيم المعلومات ، أو معالجة المعلومات ، أو التعلم ، بما يمكن أن يقال معه إنها تظهر سلوك الذكاء البدائى . على أنه للتوصل إلى الذكاء الحقيقى ، ينبغى على النظام أن يفى بواحد من المعايير الثلاثة السابق توصيفها أعلاه .

وأخيرا فإن كل النظم الذكية تشتغل «بمعالجة المعلومات» . وبالإضافة فإن أشكال الذكاء الأكثر تقدما تظهر القدرة على «التعلم» . وبالنسبة لموضوع النقاش الحالى فإن التعلم يعرف على أنه القدرة على تعديل النشاط الذكى على أساس من الخبرة السابقة (حقيقية كانت أم منقولة) .

وبالتالى ، فإننا ننظر أمر طيف مداه أوسع كثيرا من الطيف الذى يقارن ذكاء السمك بالذكاء البشرى . وهذا الطيف الواسع هو طيف يمتد مداه من نظم المعلومات غير الذكية حتى نظم المعلومات الذكية ذكاء على درجة راقية من التقدم ولها القدرة على التعلم بصورة مذهلة .

## ما بعد المعلومات : تطور الذكاء

عندما ندرس ما يحدث من التنظيم فى الكون ، سوف نكتشف فى التو وجود طبقات تراتبية من التنظيم . فالجمعيات الأساسية تنتظم فى نيوكليونات * . و النيوكليونات تنتظم لتشكل نوى الذرات ، ثم بعدها تتشكل الذرات من النوى والإلكترونيات . والذرات تنتظم فى جزيئات ، والجزيئات فى بوليمرات كبيرة . والبوليمرات المتماثلة والمتغايرة تخلق بنيات أكثر تركبا مثل الأغشية ، ونظم البروتينات ، وأجهزة التمثيل الضوئى ، وهذه بدورها تنتظم فى نظم تحت خلوية . والعضيات تحت الخلوية مثل الميكروزومات والميتوكوندريا والكلوروبلاستات يظهر أنها مستقاة من كائنات حية بدائية تم تمثلها وتنظيمها لخلق أنواع «متقدمة» من الخلايا منذ بليون (٩١٠) سنة ، هى بدورها التى مهدت المسرح لتطوير كائنات ذات خلايا متعددة ، وهكذا يستمر الحال .

فالتنظيم ينبنى على تنظيم موجود من قبل . وهذا لا يقتصر فحسب على أجزاء المادة ، وإنما نجد أيضا أن مجالات القوى وانسيابات الطاقة يتم تنظيمها كذلك . كما

---

* النيوكليونات : هى الجسيمات الأولية التى تكون نواة الذرة من كواركات وبروتونات ونيوترونات .

نجد أن المعلومات المحتواة في النظم التى على الأرض قد ظلت تتزايد ومازالت مستمرة على التزايد ، محولة الطاقة الحرة المتاحة من الشمس إلى معلومات ، لتخلق في أول الأمر المحيط البيولوجي ، * ثم فى أحدث الحديث المجتمع البشرى الكوكبى - الذى يسميه الفيلسوف الفرنسى تيلارد دى شاردان « المحيط الذهنى» (النوسفير (Noosphere

وفى خطوط موازية لذلك ، قام كلاوس هيفز (١٩٩١) بجامعة بريمن بتحرى فكرة أن الكون كله مصنوع من نظم معالجة معلومات - يمتد مداها من أصغر الجسيمات الفيزيقية حتى المجتمعات البشرية والنظم التكنولوجية — وأن هذا النظام كله فى تطور .

وتهدف الفصول العديدة التالية إلى توسيع وصقل هذه المفاهيم ، وإلى تحليل تطور النظم غير الذكية إلى نظم الذكاء البدائى ، وتدرس انبثاق ذلك الذكاء وما تلاه من تقدم الذكاء البيولوجى . ويجب أن يصبح هذا كله جزءا من فهمنا العام «للذكاء» . وهذا الفهم جد مهم للتحليل الواقعى لظاهرة الذكاء بعامة ، ولمستقبل ذكاء الآلة بخاصة . ومثل هذا الفهم قد أصبح أيضا شرطا لازما لإنشاء نظرية عامة للمعلومات .

**Literature Cited**

A Bundy (1988) Artificial intelligence: Art or science ? R. Soc. Arts J. 136 (5384) :557 - 569 .

GJ Chamberlin and DG Chamberlin (1980) Colour: Its Measurement, Computation and Application, Heyden, London.

R Forsyth and C Naylor (1985) The Hitch - Hiker 's Guide to Artificial Intelligence,Chapman and Hall / Methuen, London.

K Haefner (1988) Evolution of information processing systems, Project Evolutionof Information Processing, University of Bremen, Germany.

EW Menzel (1986) How Can you twll if an animal is intelligent? in Dolphin Cognition and Behaviour: A Comparative Approach (RJ Schusterman, JA Thomas and FG Wood ed) , pp. 167 - 181 , Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale , NJ .

AH Munsell (1946) A Color Notation . 15 th edn, (1988) Macbeth Division, Kollmorgen Instruments Corp ., Baltimore, MD .

J Pollock (1989) How to Build a Person: A Prolegomenon, the MIT Press, Cambridge, Mass.

I Rosenfield (1983) The Invention of Memory, Basic Books, New York.

*المحيط البيولوجى أو البيوسفير : هو ذاك الجزء من العالم الذى يمكن للحياة أن توجد فيه . (المترجم) .

G Scarrott (1986) The need for a "science" of information, J . Inform. Technol . 1(2): 33-38.

E Schrodinger (1944) What is Life? Cambridge University Press .

T Stonier (1986a) Towards a new theory of information, Telecom. Policy. 10 (4): 278-281.

T Stonier (1986b) What is information? in Research and Development in Expert Systems III (MA Bramer ed) , pp. 217-230, Cambridge University Press .

T Stonier (1988) Machine intelligence and Information and the long - term future of the human species, AI & Society 2:133-139.

T Stonier (1989) Towards a general theory of information II: Information and entropy, Aslib Proc. 41(2) : 41-55.

T Stonier (1989) Towards a general theory of information : information and entropy, Future Computing Systems 2(4): 409-427 .

T Stonier (1990b) Information and the Internal Structure of the Universe ; Springer- Verlag, London.

## ٢ - طيف الذكاء

### مقدمة

قدم الفصل الأول مبادئ عديدة رئيسية تؤلف الأساس الفكرى للكتاب الحالى ، وأول هذه المبادئ هو أن أى نظام يظهر تنظيما يحوى معلومات . وهذا التصور الذهنى للمعلومات – بأن المعلومات خاصة أساسية للكون وأنها «حقيقة» مثلها مثل المادة والطاقة – هو تصور سيظل يعد من هنا فصاعدا كفرض مُسلَّم به .

والمبدأ الثانى فى استدلالنا يقرر أن الذكاء خاصة لنظم المعلومات المتقدمة . والنظم التى تظهر ذكاء لا تشتغل فحسب بمعالجة المعلومات ، وإنما هى قادرة أيضا على تحليل بيئتها والاستجابة لها بذكاء . والنشاط الذكى يعرف بأنه النشاط الذى يؤدى إلى إحدى النتائج التالية أو إليها كلها : أن يعزز القدرة على البقاء ؛ أن يعزز القدرة على التكاثر ، وإذا كان موجها لهدف فإنه يعزز التوصل إلى هذا الهدف .

والنشاط الذكى قد يتضمن معالجة المعلومات ، واختزان المعلومات ، وسلوك التعلم . على أن هذه الأنشطة ، كما سنناقش فى هذا الفصل ، هى فى حد ذاتها تؤلف فحسب السلوك البدائى الذكاء . والذكاء البدائى والذكاء يمثلان ما هو نتيجة لعمليات تطورية. وإذا كان أمرهما هكذا فإنه يمكن لنا أن نرصد «أطياف الظواهر» الموجودة فيما بينهما ، وكذلك تلك التى توجد فى الداخل من كل صنف منهما .

وفكرة أن الذكاء يشمل طيفا «عريضا» من الظواهر تتطلب توسيعا لما نفكر فيه عادة على أنه «الذكاء» . فتطور نظم المعلومات من نظم غير ذكية إلى نظم ذات ذكاء بدائى ثم أخيرا نظم تظهر الذكاء وبوضوح ، هذا التطور يتضمن حدود تمايز مشوشة فيها تداخل له قدره . ونحن مجبرون على اتخاذ ما يكاد يكون قرارت تعسفية حين نصنف للذكاء. ولا ريب أنه فى ضوء معرفتنا المحدودة ، فإن أى تصنيف النظم الذكية يطرح فى وقتنا هذا سيكون عرضة للاختلاف معه فى وقت ما فى المستقبل . وربما تكون خلفية المؤلف المهنية (البيولوجية) قد أدت إلى تحيزه للرأى القائل بأن «كل» أشكال الحياة – كل النظم الحية – تظهر سلوكا ذكيا له دلالته . ومن المحتمل أنه على المدى الطويل لن يكون من الأمور جد المهمة المكان الذى نرسم فيه خطوطاً فاصلة على وجه الدقة ، حيث سيصبح من الواضح أننا نتعامل مع ظواهر تطورت من نظم المعلومات البسيطة نسبيا إلى النظم البالغة التركب – أى من الجسيمات الفيزيائية الأساسية إلى الذكاء الكوكبى الجماعى .

توجد أفكار قديمة عن الذكاء – مازال الجمهور غير المتخصص يتمسك بالكثير منها– تنزع إلى أن تكون بالغة التمحور على الإنسان : فالبشر وحدهم يحوزون ذكاءً حقيقيا – والحيوانات قد يكون لديها بعض الذكاء ، ولكنه ذكاء جد منحط عند مقارنته بالبشر بحيث يكاد يكون بلا أهمية .

وبالإضافة ، فإن الفكرة العامة عن «الذكاء» تنزع إلى أن تركز تركيزا شبه كلى على الإنسان الفرد . وهكذا فإننا نجرى اختبارات معامل الذكاء على الأفراد . ولكننا لا نحلم أبدا بأن نقيس معامل الذكاء لأحد المجتمعات . إلا أن الذكاء البشرى هو خاصة واضحة لا يظهرها الفرد فحسب بل تظهرها أيضا مجموعة من الأفراد ، وبلاد بأكملها، بل وحتى المجتمع الكوكبى ككل . وأحد الفروق الرئيسية بين النوع البشرى والكائنات الحية الأخرى هو حقيقة أن البشر لديهم القدرة على إنماء ذاكرة جماعية فعالة . ويتم ذلك من خلال إنماء تراث ثقافى شفاهى يصبح بالتالى مكتوبا ، ويمرر هذا التراث المعلومات من أحد الأجيال للجيل التالى . والنوع البشرى عن طريق قدرته على اختزان المعلومات واسترجاعها عبر الزمان والمكان معا ، قد أصبح لديه القدرة على إنماء مخزون جماعى للمعلومات . وهذه العملية يجعل لها فى الوقت المناسب مؤسساتها . وفى أوربا الغربية مثلا أصبحت الأديرة والكنائس والمحفوظات (الأرشيف) والمتاحف والجامعات والمكتبات كلها جزءاً من التراث الثقافى وكلها تدعمه . وأغلب هذه التقنيات تم تطويرها أيضا فى الحضارات المتقدمة الأخرى فى سائر العالم .

وقد مثلت هذه المؤسسات المذكورة أعلاه وسيلة لاختزان المعلومات واسترجاعها، ولكنها ليست بالضرورة وسيلة لتنظيمها أو تطويرها . على أن هذا قد تغير مع وفود الرهبان والسكولائيين ثم مؤخرا مع أمناء المكتبات المحترفين الذين اتخذوا مهمة أخذ المعلومات وتنظيمها فى أبواب منطقية . هذه الخطوة من تنظيم المعلومات فى مكتبات ومحفوظات هى التى حسنت من قدرات المخ الجماعى على الاسترجاع ، وبالتالى حسنت من كفاءته العامة .

شهد النصف التالى من القرن العشرين تحسنا هائلا فى القدرة على اختزان واسترجاع المعلومات بوسائل إلكترونية . وقواعد البيانات الإلكترونية الآن لا تتيح فحسب اختزان المزيد من لمعلومات بالنسبة لكل وحدة مكانية ، وإنما الأهم من ذلك أن الكمبيوتر يمكننا من أن يكون معدل اختزان المعلومات واستراجعها أسرع كثيرا . وقد أدى ظهور أقراص الليزر المضغوطة إلى أن أصبح الاحتفاظ بمحتويات صحيفة من الورق على القرص أرخص من الاحتفاظ بها على الورق . وفوق ذلك ، فإن الوقت اللازم للحصول على قدر وافر من هذه المعلومات يمكن أن يقاس بمللى من الثانية – مما يقارن بالوقت الذى يستغرقه استرجاع المعلومات داخل رؤوسنا .

إن هذا إسهام كبير لذاكرتنا الجماعية ، لقد دخلنا فى عصر سوف يشهد آن كل قواعد البيانات الرئيسية المطبوعة - كتالوجات المكتبات ، محتويات الموسوعات بأكملها. القواميس ، الإحصاءات الحكومية ، أدلة التليفونات ، عضوية المجتمعات المهنية ، الجدول الزمنى للقطارات ، جداول الطيران ، أسعار سوق المال ... إلخ كل هذه ستكون متاحة لكل البيوت بواسطة التليفون أو غير ذلك من الشبكات ، ويدوم هذا طيلة أربع وعشرين ساعة فى كل يوم ، مع زيادة ملحوظة فى سهولة التوصل إليها .

تختلف سيكولوجية الجمهور عن سيكولوجية الأفراد الفرادى الذين يكونون الجمهور . وبنفس المنوال ، فإن ذكاء مجموعة اجتماعية يختلف عن ذكاء أعضائها كأفراد . وبالإضافة إلى ذلك فإن أى مجموعة يكون لها بوجه عام قدرة على حل المشاكل - وبالتالى على أداء السلوك الذكى - أكبر كثيرا من قدرة الفرد المتوسط الموجود فى هذه الجماعة . وقد يكون هناك استثناءات لذلك ، إلا أننا لن نناقش هذا الأمر أكثر من ذلك فى هذا الفصل ، فظاهرة الذكاء الجماعى تستحق أن ننظر فيها نظرات أعمق ، وبالتالى فإننا سوف نزيد من استكشافها فى الفصلين الرابع والخامس ، ويكفى هنا أن نقول إنه إذا كان الذكاء يشمل طيفا ، فإن «الذكاء الجماعى» البشرى يمثل الطرف الأرقى من طيف الظواهر المعروفة لنا .

أما الذكاء «الفردى» البشرى : أى الكائن البشرى الفرد المنعزل تربويا عن كل الثقافة البشرية ، ولكنه تتم استثارته وتغزيته بما يكفى الوصول إلى أداء وظيفى سوىّ : هذا الذكاء الفردى عندما نتساءل عما إذا كان نداً للذكاء الجماعى لمجموعة من الكلاب المتوحشة أو لقطيع من قرود الرباح (البابون) يظل جواب هذا السؤال ضربا من التخمين . والحقيقة أن هذا حاليا هو الأمر أيضا بالنسبة للرد على التساؤل عن الذكاء الفطرى الفردى عند البشر مقارنا بالنسبة لأنواع معينة من الدرافيل ، بل ومقارنا حتى بالحيوانات الأخرى التى لها مخ أكبر من البشر ، مثل الأفيال . على أن أفراد البشر الذين ينشأون فى بيئة بشرية طبيعية ، بحيث يتشربون المعلومات من محيطهم الثقافى ، هؤلاء يعتبرون فى الصف التالى من طيف ظواهر الذكاء . ولعلنا نكون على صواب عندما نفترض أن هناك حيوانات كثيرة أخرى «ترى» بدون أن «تفهم» - وتتشرب المعلومات بدون أن تكون لها القدرة على تفسير معناها ، ويعوزها ثراء البيئة المعلوماتية الموجودة داخل المخ البشرى - أى البيئة المعلوماتية القادرة على أن تمد بالسياق ، وبالتالى «المعنى» لمدخلات المعلومات الجديدة .

هذا الكتاب لا يقصد به آن يكون مرجعا عن الذكاء البشرى ، وثمة كتب كثيرة من هذا النوع موجودة بالفعل ، وتنبثق عن علم النفس وما يتعلق به من المجالات - وتنبثق مؤخرا عن مجتمع الذكاء الاصطناعي . وعند كتابة هذا كان يوجد ثلاثة مؤلفات تلخص بعمق كيانا معرفيا كبيرا ومؤلفوها هم : س . بليكمور (١٩٨٨) ، و ب.ن . جونسون - ليرد (١٩٨٣) ، و هـ.س لونجيت هيجنز (١٩٨٧) . وسيكون من اللازم فى فصل لاحق آن نناقش الذكاء البشرى حتى نقارن بينه وبين ذكاء الآلة ونوضح أوجه التباين بينهما : إلا آننا فى هذا الفصل سوف نتجاهل الذكاء البشرى الفردى إلا من حيث التأكيد على أنه بالنسبة لطيف الذكاوات المعروفة ، فإن مرتبة الذكاء البشرى الفردى هى تحت الذكاء البشرى الجماعى وأعلى من ذكاء الحيوان (فيماعدا استثناء واحد آو استثنائين فيما يحتمل) .

وكما ناقشنا فى الفصل الأول ، فإن معظم الناس يعتقدون بالحدس آن الحيوانات الأرقى تكون آذكى . ولاريب أن هذا يعكس حقيقة أن الحيوانات الآرقى لها القدرة على آن تشتغل بأحد أشكال النشاط الذكى الراقى - أى التعلم . والكلاب المدربة هى وفقمات السيرك وقرود الشارع ودرافيل الأحواض المائية ، كلها تثبت أن حيوانات معينة لديها القدرة على تعلم روتينيات معقدة . إلا آن هذا الأعتقاد الحدسى لا يشارك فيه الجميع . وقد أثار المؤلف مناقشات عديدة شملت مدى واسعا من العلماء بالمهن التى لها علاقة بالموضوع . ووجد أن الأغلبية تضع الخط الفاصل عند موضع من موضعين . فمعظمهم يوافقون على أن الحيوانات التى لديها القدرة على التعلم تظهر شكلا ما من الذكاء ، إلا أن البعض يعدون أن أى مخلوق لا يكون ذكيا إلا إن كانت له القدرة على تفسير ما قد تعلمه . والقدرة على التفسير فيها فرض مسبق بأن الحيوان لديه فى رأسه نموذج ما عن العالم يطرأ عليه التغير .

ووجهة النظر هذه ستبدو وكأنها تعطى تعريفا للذكاء هو تعريف أكثر صرامة إلى حد بالغ إن لم يكن فيه أيضاً ما يقيد . وهو للوهلة الأولى يبدو وكأنه تعريف يستبعد كل الحيوانات مع استثناء الرئيسيات الراقية وربما بعض الدرافيل . ولكن هل هو يفعل ذلك حقا ؟ إن النحلة يمكن تدريبها على العثور على طبق به محلول من السكر موجود فى موضع محدد . كما يمكن إعادة تدريبها على العثور عليه فى موضع آخر . ويمكن للنحلة إيصال هذه المعلومات لحشرات النحل الأخرى بحيث تطير بدون أى خطأ إلى اللقية الجديدة . كيف يتأتى أن يكون هذا ممكنا لو كانت حشرات النحل ليس لديها نموذج للعالم فى أمخاخها ؟

وكما سنكتشف فى فصل لاحق ، فإن حشرات النحل تحوز ، ولابد فى أمخاخها نوعا ما من نموذج للعالم ، وليس هذا فحسب ، بل إنها أيضا لديها القدرة على تعديل هذا النموذج على أساس نشاط من العلامات - * بأن تستخدم للتواصل رموزا تجريدية بصرية وسمعية . ولاريب أن النحلة ، حسب المعيار السابق ذكره ، تظهر ذكاء .

والحقيقة أن ذكاء النحلة يمتد إلى القدرة على تعلم توقع الأحداث التى لم تحدث بعد ، أى أن حشرات النحل على أساس من خبرتها السابقة ، لها القدرة على توقع أحداث مستقبلية هى فى الأحوال الطبيعية بعيدة تماما عن مدى الخبرة العادية فى الطبيعة (الأمر الذى سيناقش فى الفصل الرابع) . فنموذج العالم عند النحل لابد إذن وأن يشمل لا فحسب عنصرا مكانيا وإنما أيضا عنصرا زمانيا .

إن حجم مخ النحلة هو تقريبا فى حجم رأس الدبوس . ذكاؤها لا يمكن أن يكون متقدما مثل ذكاء الثدييات . إلا أنها تشتغل بأداء سلوك ذكى . ومرة أخرى فإننا مجبرون على استنتاج أن الذكاء يشمل طيفا من الظواهر .

وأقرب الحيوانات لنا فى صلة القرابة التصنيفية هى الشمبانزى والبابون . وذكاؤها أعظم كثيرا من ذكاء النحلة ، بل إن ذكاءها يبدأ فى الاقتراب من ذكائنا نحن . وأحد ملامح الذكاء الراقى للحيوان هو القدرة على استخدام أدوات بأسلوب التوجيه بالأهداف - وهو سلوك يلاحظ عند حيوانات كثيرة - أما ما هو أرقى فهو تخليق الأدوات . وكانت جين جودال (١٩٧١) أول من أثبت أن الشمبانزى فى البرية لا يكتفى باستخدام الأدوات ، بل إنه بالفعل «يصيغها» . ويدل تقريرها هو وتقارير أخرى على إن هذه القردة العليا تستخدم الأغصان والقضبان «لتتصيد» الأرضة فى كيمانها أو للحصول على العسل من خلايا النحل ، وتستخدم العصى لسبر الأشجار بالنسبة لاحتمال وجود الحشرات ، وتستخدم إسفنجا مصنوعا من أوراق شجر ممضوغة لامتصاص ماء المطر من تجاويف الشجر . حيث لا يكون الماء متاحا للفم على نحو مباشر ، أو تستخدم هذا الأسفنج لمسح بقايا المخ من داخل جمجمة بابون قتيل ، وتستخدم أوراق الشجر كورق دورة المياه ، وتستخدم العصي المتينة كروافع لفتح غطاء صناديق الموز برفعه لأعلي أو تستخدمها لتوسيع فتحة عش عسل النحل تحت الأرض ، وتستخدم الصخور كمطارق ، وتتخذ لأنفسها أسلحة من الصخر والعصى والأوراق والغصون المسننة . وجودال هى التى لاحظت أن عصى الاصطياد هى وإسفنج أوراق الشجر كلاهما يستلزم إحداث تغيير فى أشياء طبيعية لتستخدم كأدوات و مهما كانت طبيعة صناعة هذه الأدوات بدائية هكذا ، إلا أنها ولابد تستلزم سلسلة من الاستدلالات لحل المشاكل للوصول إلى الهدف المرغوب .

---

* نسبة لعلم العلامات Semiolgy الذى يبحث الإشارات والرموز ودلالاتها الاجتماعية ، والسيمانطيقا تعتبر أحد أجزائه . (المترجم) .

ويستعرض هـ . كومر (١٩٨٢) مجموعة أخرى من الملاحظات الميدانية تثبت أن القرود قادرة على التسلل والخداع – وهذا شكل من السلوك لا يمكن أن نجده ، إلا عند حيوانات لديها درجة راقية من التبصر في الموقف الاجتماعي الذي يواجهها . ويكفي هنا أن نذكر مثلين لذلك :

ثمة قردة أنثى شابة من نوع البابون المقدس * تكرر أثناء دورة شبقها أن تتزاوج مع ذكر شاب وراء صخرة ؛ حيث لا يمكن للذكر البالغ قائد القطيع أن يراها . وكانت فيما بين لقاءات التزاوج هذه تتحرك لتختلس النظر إلى القائد ، بل أحيانا تذهب إليه لتعرض نفسها عليه قبل أن تعود إلى مخبئها لمواصلة الجماع مع رفيقها الشاب .

في تجربة لاختبار «إخلاص» أنثى بابون جيلادا ، حبس أفراد من الإناث مع أفراد من الذكور لم يكونوا الرفقاء الأصليين للإناث . وإنما احتجز هؤلاء الرفقاء الأصليين على الجانب الآخر من حائط خرساني ، حيث لا يمكنهم رؤية ما يحدث وإن كان يمكنهم سماعه . وعندما بدأ الجماع بين الإناث والذكور غير الشرعيين كان هؤلاء الذكور يكبحون أنفسهم ويبقون ساكتين ، في تناقض مع ما يصاحب هذا النشاط عادة من إطلاق أصوات عالية .

وهناك مجموعة أخرى من الملاحظات تشهد على الذكاء الاجتماعي للرئيسيات غير البشرية ، قد وصفها – منزل (١٩٧٥) . وهو يلاحظ أثناء استعراضه للدراسات الخاصة به هي ودراسات جين جودال أن أفراد الشمبانزي الأكبر سنا يمكنها أن تكبت بنجاح معظم علامات انفعالاتها لوشاءت ذلك .

وهذا يعني أن الشمبانزي عندما يكتشف مصدر طعام في وجود أحد الغرباء أو في وجود شمبانزي مهيمن ، فإنه لا يندفع لينال وجبة سريعة . وبدلا من ذلك «فإنه ينتظر الوقت اللازم حتى يخلو له الجو ، بل إنه قد ينهض واقفاً ، ويقود الحيوان الأخر إلى بعض مكان مختلف ، ثم بعدها (بينما يكون القرد الذي يسير وراء مشغولا بشيء آخر) يلف عائدا للطعام المخبأ" . ومنزل واثق من أن أفراد الشمبانزي الآخرين في مثل هذه المجموعة أحيانا يخمنون هذا السلوك المخادع بدقة بالغة : «وكلما ذهب الشمبانزي المخادع إلى مدى أبعد في محاولة التصرف على أنه غير متلهف بصورة واضحة ، كان من يسيرون وراءه . يزيدون حرصا على إبقائه تحت رقابتهم رقابة أوثق .

أما فرانس دي وال (١٩٨٩) فقد أجرى دراسات على شتى مجموعات الرئيسيات في حدائق الحيوان ، وقراءة هذه الدراسات فيها متعة وتنوير . ويصبح من الصعب جداً إلا نستنتج إلا أن الرئيسيات الأرقى قد طورت مستويات من الذكاء الاجتماعي تقترب من مستوانا نحن .

---

* نوع من الرياح كان قدماء المصريين يقدسونه . (المترجم) .

أما في المعمل ، فكلما أصبحنا أكثر مهارة في التواصل مع أفراد الشمبانزي يصبح من الواضح لنا أنها قادرة على أداء مهارات ذكائية في مدى أوسع مما كان يظن من قبل .

وقد أثبت بحث بريماكس (١٩٧٢) على إحدى إناث الشمبانزي المدعوة سارة ، انه يمكن باستخدام نماذج بلاستيكية شتى أن يتعلم الشمبانزي قراءة وكتابة عدد له قدره من مفرادت اللغة من «الكلمات» - ١٣٠ كلمة على الأقل - وليس هذا فحسب ، بل إنه في حالة سارة اتسع فهمها لما وراء معنى الكلمات ، أي إلى مفاهيم عن «النوع» ، وتركيب الجملة ، وبدايات من المنطق .

وهناك أبحاث أقدم قام بها آل جاردنر (١٩٦٩) مع أحدى إناث الشمبانزي ، وتدعى واشو ، باستخدام لغة بالإشارة ، وأثبتت هذه الأبحاث أن الشمبانزي يستطيع إنماء معرفة بمفردات لغوية هي على الأقل مائة كلمة «للمحادثة» ، أي كلمات إشارية : وكان هناك عالم رصد التجربة على نحو مستقل وهو أ . كورتلاند - عالم الرئيسات المبرز - وقد تأثر على نحو عميق بمراقبة واشو وهي «تقرأ» مجلة مصورة . فعندما رأت مثلا إعلانا عن الفيرموت * أعطت إشارة «شراب» ، وعندما لمحت صورة نمر أعطت إشارة «قطة» ، وكما لاحظ كوتلاند (١٩٧٣) فإنه «مما يخلب اللب أن ترى إحدى أفراد الشمبانزي وهي» تفكر بصوت عال ، في لغة من الإيماءات ، ولكن في سكون كامل ، وبدون أن تنال أي مكافأة عن أدائها في موقف كهذا .

ومع أن الكثير من الأبحاث الأولى تترك مجالا لنقدها ، إلا أن نقادا مثل آل رومباو الذين استخدموا نظم الاتصالات بلوحة مفاتيح كمبيوتر قد استنتجوا هم أنفسهم أن «القردة العليا لديها القدرة سلوكيات لما يشبه اللغة ، إن لم تكن لغة حقيقية» . (رومباو وسافيج رومباو ١٩٧٨) . ويشير هذان الباحثان أيضا إلى ظاهرة يبدو وأنها تحدث أحيانا في سياق التدريب : وهي إحساس المرء بأنه قد بدأ في التواصل مع الشمبانزي حتى وإن كان ذلك بطريقة محدودة . ويأتي جزء من هذا الشعور عقب ما يحدث من القردة العليا من استخدام كلامي وابتكار لغوي غير متوقعين - أي أن المرء يحس بان الشمبانزي يجري تجاربا باللغة ليفسر شيئا للمدرب .

على أي حال ، فإن جهدنا للتواصل مع أفراد الشمبانزي تحت ظروف معملية ، يعد على نحو صارم نشاطا ذي تمحور على الانسان داخل بيئة اصطناعية خلقها الإنسان - ذلك أننا نتوقع من الحيوانات أن تشتغل بأنشطة شبه بشرية . ونحن نضع قواعد اللعبة في صفنا - بل اننا أحيانا ننقل أعمدة المرمى . وسواء كانت أفراد الشمبانزي أو أي حيوانات أخرى وهي تعمل في مأواها الطبيعي نفسه ، تحوز أو لا تحوز لغة «حقيقية» كما

* نوع من المشروبات الكحولية . (المترجم) .

يعرفها اللغويون فإن الأمر لا يبلغ نفس درجة أهمية تبين أن الحيوانات ربما تحوز نظم اتصالات بالغة الرقي ، نظم تستلزم قدرا كبيراً من معالجة المعلومات معالجة مركبة راقية ، من جانب المرسل والمتلقى معا . ،كما يستنتج منزل فإن «أفراد الشمبانزى تدرك العالم ويفسر أحدها سلوك الآخر بطرائق لا تختلف عن الطرائق التى نستخدمها نحن أنفسنا اختلافا يبعث على السخرية ، خاصة عندما نكون صامتين ولا نكثر من الجلوس .

ونحن عندما نطور طرائقا تتزايد حنكة ، فإن تمحورنا حول الإنسان تمحورا غير مبرر ، وكذلك نظرتنا العلمية المتشككة التى لها ما يبررها ، كلاهما سيتراجع عندما نعيد اكتشاف ما فهمه شارلز داروين من قبل منذ ما يزيد على القرن : إن الفروق فى الذكاء بيننا وبين الحيوانات الراقية هى فروق من حيث الدرجة وليس من حيث النوع .

## الوعى الذاتى تحت البشرى

يمدنا ما سبق بالدليل على أن القردة العليا الأرقى تشتغل بسلوك ذكى متقدم . ويوافق الجميع تقريبا على أن هذه الحيوانات ذكية . ولكن ليس غير عدد قليل لديه الاستعداد لأن يسلم بأن مستوى ذكاء هذه الحيوانات يبلغ ما يكفى لأن يتيح لنا أن نعزو إليها خاصية الوعى بالذات . وعلى كل فإن هذا يثبت مرة أخرى تحيزنا بالتمحور على الإنسان . ، كما يؤكد عالم الرئيسيات راسل هـ . تاتل (١٩٩٠) أستاذ الأنثروبولوجيا بجامعة شيكاغو (ص١١٩) فإنه «من بين كل أوهام العجرفة التى ينغمس فيها أفراد البشر ، يجب أن نعد أن من أعظمها عجرفة الزعم بأننا نحن وحدنا الذين لدينا وعى بذواتنا ، ولدينا هويات فردية ، ونفكر فيما نفعله وما فعلناه وما سنفعله» . .

ونحن نعرف الوعى بالذات فى هذا الكتاب على أنه شكل خاص من الذكاء له القدرة على إدراك وجود فاصل بين النظام نفسه وبين باقى الكون . والنظام بهذا المنوال يدرك الفردانية فى نفسه ، أى أنه يتعرف على ذاته .

ومن الواضح - حسب هذا التعريف - أن أفراد الشمبانزى لديها وعى ذاتى ، بينما القردة العادية قد تحوز ذلك الوعى أو لا تحوزه . وتتأسس هذه الدعوى على الاستجابة السلوكية التى تحدث عند هذه الحيوانات عندما ترى انعكاسها هى نفسها فى المرآة . فالقرود العادية حين ترى لمحة من نفسها فى مرآة تستجيب وكأنها ترى

قرداً آخر غريبا ، وقد تشتبك عندها في سلوك عدواني ، وبعضها يبدو أنه لا يتعلم أبدا ، فمهما تعددت المجابهة ، فإن أفراد الشمبانزي سواء في البرية أو في ظروف التجارب المحكومة في المعمل ، ستصيبها المرآة بالارتباك ، إلا أنها في الوقت المناسب ، تتعلم التعرف على أنفسها . والتجربة الأكثر إقناعا في إثبات ذلك هي كالتالي . يخدر أحد أفراد الشمبانزي ممن تعودوا على المرآة . وترسم أثناء غيابه عن الوعي بقعة حمراء فوق أحد حاجبيه أو على طرف إحدى أذنيه ، بحيث لا يستطيع ذلك القرد أن يرى البقعة إلا بمساعدة المرآة . وعندما يرى الشمبانزي وجهه منعكسا في المرآة فإنه ينشغل في سلوك استكشاف للبقعة الحمراء . ويتضمن ذلك حك البقعة ثم شم أصابعه. ويعود الشمبانزي إلى المرآة مرات متكررة ليفحص صورته التي تغيرت (جالوب ١٩٧٥ ، كما عرضه تاتل ١٩٩٠) .

أما السمك من نوع القشر ، الذي يظهر نزعة قوية للدفا ع عن منطقته فإنه يواصل الهجوم على صورته الذاتية في المرآة حتى يكسر المرآة . ولعله سيثبت في النهاية عندما تبتكر اختبارات أخرى لا تستخدم المرايا ، أن القردة العادية عندها صورة ذاتية تكون على نحو ما في موقع متوسط بين تلك التي عند السمكة وما عند القردة الأعلى .

ويبدو أن الأطفال عند البشر يصبح لديهم حسا متناميا كل التنامي بهويتهم الذاتية عندما يصلون إلى سن حوالي ١٨ - ٢٠ شهرا (الأمر الذي عرضه بليكمور ١٩٨٨) . والطفل عند هذه السن سوف يلمس بقعة من أحمر الشفاه مدهونة على أنفه عندما ينظر إلى نفسه في المرآة . ولكنه لا يستجيب على هذا النحو في سن تسعة أو عشرة شهور . وبالأضافة ، فعندما يبلغ الطفل حوالي سنة ونصف السنة ، فإنه يبدأ في استخدام كلمات مثل «أنا» ، و«لي» . ويصدق ذلك على الأطفال الصم الذين يتعاملون بالإشارة مع آبائهم الصم ، مثلما يصدق على نظرائهم المتكلمين .

والأطفال في مرحلة أكثر تبكيرا ، عند عمر ٨ - ١٢ شهرا ينشأ فيهم الخوف من الغرباء - وهذا أمر قد يدل على أن لديهم القدرة على التعرف على الوجوه المختلفة وتذكرها - وهو شرط لازم واضح للتعرف على وجههم هم أنفسهم وتذكره .

أما دونالد ر . جريفن (١٩٨٤) فيعتبر أن «الحيوانات عندما تنهمك في أنشطة بارعة للاتصال تم تكييفها تكييفا محددا ... فإنه يبدو من المحتمل غالبا أن المرسل والمتلقي كلاهما متنبهان معا تنبها واعيا لمحتوى هذه الرسائل» ويستشهد جريفن بباحثين أقدم مثل . جولي ون . ك . همفري ، اللذين يطرحان أن الوعي نشأ أثناء تطور الرئيسيات عندما تنامت مجتمعاتهم إلى مرحلة يصبح فيها من بالغ الأهمية لكل عضو في المجموعة أن يفهم مشاعر الآخرين ونواياهم و أفكارهم . وحتى يصبح هؤلاء الأعضاء «سيكولوجيين بالطبيعة» فإنهم يحتاجون إلى أن يحوزوا نماذج داخلية لسلوك

رفقائهم . ويبدو من المحتمل أنه إن آجلا أو عاجلا - سوف تؤدى المقارنة بين أوضاع الآخرين والوضع الذاتي إلى حس واضح بالهوية الذاتية . ويطرح جريفن أن عملية كهذة قد تحدث أيضا فى أنواع غير الرئيسيات . بمعنى أنها تنطبق على أى حيوان يعيش فى مجموعات اجتماعية تتبادل فيما بينها الاعتماد بعضها على بعض .

إن النزعة الحادة للتمحور على الإنسان هى وحدها التى تمنعنا من تبين أن البشر ليسوا متفردين فى وصولهم إلى حالة الوعى التى تؤدى إلى التعرف على الذات ، وإذا ثبت فى النهاية (عند التوصل إلى كل الأدلة) أننا نفعل ذلك على نحو أحسن ، أو على نحو أكثر عمقا ، فإن هذا فحسب يدعم من المبحث الذى يعتبر أن الذكاء فى مظاهره التى لا حصر لها إنما يشمل «طيفا» عريضا من الظواهر .

## ذكاء الدرفيل

الدرافيل والحيتان مثل ممتاز للثدييات التى تعيش فى نوع من المجموعات الاجتماعية التى تتبادل فيما بينها الاعتماد بعضها على بعض ، مما نظر فى أمره جريفن . وذكاد الدرافيل مازال يعد أمرا غريبا . والشيء الواضح هو أن هذه الكائنات لها أمخاخ كبيرة جدا ، وأن أنواعا معينة من الدرافيل تتعلم بمعدل بالغ السرعة . هاتان الخاصتان كلاهما مما نربطه بالأشكال الأرقى من ذكاء الحيوان .

ومن المؤشرات الأخرى على ذكاء الدرفيل الطريقة التى ينمو بها مخه بعد أن يولد. ويقدر ريد جواى (١٩٨٦) أن الدرفيل ذى الأنف الزجاجة «تيرسيوبس ترنكاتاس» يصل إلى مرتبة هى فى موضع ما بين أقرب أبناء عمومتنا من الرئيسيات (الشمبانزى والغوريلا) وبيننا نحن .

والمشكلة بالنسبة لتقييم الذكاء فى الثدييات من رتبة الحيتان هى فى جزء منها على الأقل أن هذه الحيتان قد اتخذت البحار مسكنا منذ زمن ما بين ٧٠ و ٩٠ مليون سنة ، بينما نجد ان المناطق المتقدمة فى أمخاخ الحيوانات البرية لم تنزع إلى التطور إلا منذ حوالى ٥٠ مليون سنة . وهذا يفسر حقيقة أن أمخاخ الحيتان مع أنها قد احتفظت مثلا بكل الخصائص القديمة التى نراها فى ثدييات اليابسة البدائية إلا أنها تختلف اختلافا واضحا بالنسبة لتطوير القشرة المخية الجديدة الذى حدث فى وقت أحدث من ذلك (مرجان وزملاؤه ١٩٨٦) . ويبين ريدجواى (١٩٨٦) أن اعتماد الدرافيل

على السونار *يتطلب القدرة على معالجة الصور الصوتية معالجة سريعة . ويطرح ريدجواى أن جانبا كبيرا من تضخم الجهاز السمعى فى مخ الدرافيل - بل وربما حتى كل المخ - له علاقة بهذة الحاجة لمعالجة المعلومات السمعية معالجة سريعة .

وتتفق مع هذا الطرح تقارير هيرمان والعاملين معه (هيرمان ١٩٨٦) عن تعليم المقارنة البصرية لدرفيل يدعى يوكا . وقد ظل إبصار الدرفيل بعينه يعد لغزا حتى وقت قريب . ويبدو الآن أن التحدد البصرى عند الدرفيل قد تم تطويره على نحو جيد ، بما يماثل ما توصف به الكثير من حيوانات اليابسة . ونشاط الدرفيل البصرى تحت الماء يكون فى أفضل حالاته على بعد متر واحد أو أقل ، بينما هو فى الهواء يكون فى أفضل حالاته عند مسافات تزيد عن المترين ونصف المتر . وعين الدرفيل مكيفة جيدا لوسط ما تحت الماء وتعمل بكفاءة تحت ظروف كل من الضوء الناصع والضوء المعتم . ويسجل هيرمان أن المحاولات الأولى لتعليم يوكا المضاهاة البصرية لم تلق نجاحا حتى قرر الباحثون إعطاء «أسماء» سمعية لموضوعات الاختبار البصرى . وعندما أصبح عند الدرفيل الآن اسم لكل من الدرجتين المختلفتين من النصوع أصبحت لديه القدرة على مضاهاة الهدف الصحيح البديل بالهدف الصحيح . وكما يذكر هيرمان (ص٢٧٧) : «لعلنا باعطاء أسماء للأهداف قد قدمنا للدرفيل وسيلة لتمثل المعلومات البصرية فى شكل شفرة سمعية ، بالتالى فإن هذا يسمح له بمعالجة المهمة من خلال مراكزه السمعية» . والمفتاح هنا هو «الشفرة السمعية» . ومن الواضح أن الدرافيل . عندها القدرة على استخدام رموز تعسفية لتمثيل الأشياء أو خصائص هذه الأشياء (النصوع) . وبالتالى فإن التمثيل الرمزى خاصية لذكاء الدرافيل - وهذه حقيقة ينبغى الا تدهشنا نظرا لكثرة خيوط الأدلة التى تشير إلى قوة مخ الدرفيل .

والتمثيل بالرموز هو بالطبع شرط لازم لإنماء اللغة . وقد استنتج هيرمان (ص٢٤٦ -٢٤٧،) على اساس « من أبحاث شاملة أن «الدرافيل تعالج معا ملامح سيمانطيقية **وإعرابية ... للجمل (وبالتالى) فإنها تصل إلى تفسير للتعليمات الكامنة فيها . والدرافيل لها القدرة على «أن تفسر وظيفة الكلمة التى ترد مبكرا فى

---

* السونار جهاز لإرسال موجات صوتية تنعكس عند اصطدامها بالأشياء فترتد إلى مرسلها بحيث يتمكن بذلك من اكتشاف وجود هذه الأشياء ومكانها وبعض معلومات أخرى عنها ، وهو يقابل جهاز الرادار اللاسلكى . (المترجم) .

** نسبة لعلم السيمانطيقا أى علم دلالات الألفاظ وتطورها (المترجم) .

الجملة على أساس كلمة أو كلمات تظهر فيما بعد» . ويمكن للدرافيل أن تتعلم صيغا نحوية مستقيمة وكذلك الصيغ المقلوبة ، والدرافيل لها القدرة على أن تفهم جملا مستحدثة وكذلك التراكيب المستحدثة أيضا .

وواضح من دراسة هيرمان أن الدرافيل لها القدرة مثل البشر ، على إتقان استخدام وسيطين للغة مختلفين تماما - وهما الوسيطان السمعى والبصرى ، وأن مهاراتها الإدراكية واسعة . وسوف ندرس ذكاء مرتبة الحيتان بتفصيل أكثر فى فصل لاحق .

## السلوك الغريزى

بعض الناس لا يعدون السلوك «الغريزى» سلوكا «ذكيا» حقا . وليس هذا بالموقف غير المعقول . فمن الواضح أن السلوكين ، السلوك الغريزى والسلوك بالتعلم ، ليسا متكافئين . على أن كليهما جزء من طيف الذكاء . فكلاهما يفي بمعايير الذكاء المثبتة فيما سبق . بمعنى أن السلوك الغريزى ، وإن كان قد لا يستلزم أشكالا راقية من التفكير ، إلا أنه يستلزم معالجة للمعلومات ، وفى الظروف الإيكولوجية الطبيعية تكون له نتيجته فى زيادة احتمال البقاء والتكاثر معا .

إن الذبابة ، بخلاف النحلة ، لديها قدرة قليلة على التعلم أو أنها ليس لديها هذه القدرة . وسلوك الذبابة يبدو أنه يتضمن فحسب سلسلة استجابات من ردود الفعل العكسية (انظر ريتشارد ت . وبوجيو ١٩٨١) . إلا أن الذبابة عندما تتجنب أن تصيبها لطمة عنيفة أو عندما تضع بيضها فى جثة عفنة ، فإنها تشتغل بسلوك ذكى - حتى لو كانت عاجزة (فيما يفترض) عن «فهم» دلالة أفعالها . فذكاؤها جد محدود بحيث إنها تبدو عاجزة عن تغيير استجاباتها عندما يستدعى الموقف ذلك . وكمثل ، فإن الذبابة فى الطبيعة لا يحتمل أن الهجوم عليها من اتجاهين مختلفين فى نفس الوقت . ولكن إذا لطمت الذبابة باليدين وهما تأتيان من اتجاهين مختلفين فى نفس الوقت فإن هذا فيه إثقال بالغ على الجهاز العصبى للذبابة بحيث إنه من شبه المؤكد أنها ستقتل عندها .

أما العنكبوت فمخه قد برمجت فيه المعلومات اللازمة لنسج الشبكة الجميلة المعقدة التى يتميز بها هذا النوع . وهذه المعلومات مختزنة فى مخه ويتم توارثها . ويغوينا هذا بأن نطرح أن أنماط السلوك التى يتم توارثها تماثل أدوات ذاكرة الكمبيوتر من نوع القراءة فقط (Rom) ، بينما الأنماط التى تستلزم سلوكا بالتعلم تماثل أدوات الذاكرة من نوع التداول الانتقائى (RAm). أما نمط السلوك المتوسط فيما بينهما مثل ظواهر الدمغ

التى تلاحظ بين الفقاريات الأرقى ، فإنها تقابل الذاكرات من نوع القراءة فقط القابلة للبرمجة PROM. وهذا المفهوم يدل على أن تطور المخ قد استلزم زيادة فى إعداد ذاكرات روم وبروم ، تبعتها زيادة أسرع فى ذاكرات رام فى الثدييات العليا . وسوف نقارن الكمبيوترات الأمخاخ البشرية فى فصول لاحقة .

## هل المخ ضرورى للسلوك الذكى

اللافقريات الدنيا ينقصها وجود المخ . على أنها تمتلك بالفعل أجهزة عصبية لها القدرة على تحليل بيئاتها والاستجابة لها . وبالإضافة ، فإن الأجهزة العصبية للافقريات قد تظهر سلوكا بالتعلم ، وإن كان ذلك يتضمن فحسب سلوك تعلم على أقصى درجة من البدائية – أى ردود الفعل المنعكسة الشرطية .

والأبليزيا ، وهو قوقع كاليفورنيا البحرى ، لدية جهاز عصبى يتكون فحسب من ١٨٠٠٠ عصبون (المخ البشرى لديه ١٠ ملايين ضعف لذلك) ، إلا أن الأبليزيا يمكنه التعلم (كما عرض ذلك بليكمور ١٩٨٨ ، وماركوس وكيربو ١٩٩٠) . وهذا القوقع لديه خيشوم يدفعه للخارج فى المياه . وإذا يمُس هذا الخيشوم ، فإنه ينشط آلية رد فعل منعكس تتآلف من أربعة وعشرين عصبا إحساسيا بالإضافة إلى ستة عصبونات حركية ، وتعطى هذه الآلية تعليمات إلى العضلات للانقباض ، وبالتالى فإنها تسبب أن يتم سحب بالخيشوم سريعا ، وعندما يُس الخيشوم برفق ، ولكن على نحو متكرر ، فإن القوقع تدريجيا يتوقف عن سحب الخيشوم – لقد تم «ترويض» الحيوان على أنه عندما يُنخس القوقع فى مكان آخر ، أو إذا أُضير الخيشوم باستخدام مادة كيماوية قوية ، فإن رد الفعل المنعكس يعود فى التو إلى قوته السابقة . ومثلما تدرب كلب بافلوف على أن يسيل لعابه لسماع صوت الناقوس ، فإن خيشوم قوقع أبليزيا يمكن أن يتعلم أن ينكمش كرد فعل ناتج عن بعض عامل استثارة آخر غير محدد . أى أنه يمكن تدريب رد الفعل المنعكس عند الأبليزيا ليصبح رد فعل منعكس «شرطى» .

والتعلم خاصية للذكاء الأرقى – ومن الواضح أن الكائن لا يحتاج إلى مخ حتى يشتغل يالأشكال البسيطة من التعلم .

## هل الجهاز العصبى ضرورى للسلوك الذكى

عندما يصل الإمر إلى أن ننسب الذكاء لكائنات حية غير بشرية ، نجد أن الكثيرين من علماء المعلومات سوف يرسمون خطا فاصلا عند هذه النقطة . وهم قد يسلمون بأن اللافقريات البسيطة تحوز ذكاءً بفضل حقيقة أن لديها جهاز عصبى ، وأنها متحركة . فإذا انتقلنا إلى الحيوانات وحيدة الخلية فإن الأمور تصبح أكثر تشوشا . أما النباتات فهى بالتأكيد خارج هذا المجال . وهكذا فإن أحد علماء الروبوتات ذوى التفكير العميق ، وهو هانز مورافيك (١٩٨٨) يقرر أننا : «لا نحتاج إلا لإجراء مقارنات بدائية جدا بين مملكتى النبات والحيوان لندرك حقيقة أن الكائنات الحية المتحركة لديها النزعة لتطوير الخصائص الذهنية التى نربطها بالذكاء ، بينما الكائنات الحية غير المتحركة لا تفعل ذلك» (ص ١٦) .

على أن النباتات لديها القدرة على تحليل بيئتها بطرائق كثيرة تستجيب لذلك بصورة «ذكية» . وبالإضافة ، فإن بعض النباتات لديها القدرة على التحرك سريعا كاستجابة لعوامل استثارة بيئية معينة ، الأمر الذى يستلزم نقل المعلومات بسرعة قصوى من موضع التلامس إلى موضع الاستجابة . وأفضل مثل لذلك هو نبات فينوس صياد الذباب ، فهو يغلق سريعا ورقته المفتوحة كرد فعل للأشياء التى تتحرك على سطحها العلوى . وهو بهذا الأسلوب يصطاد الذباب والحشرات ليستكمل المدد النيتروجينى الشحيح الذى يوجد فى مستنقعات كارولينا الشمالية .

والنظام الكشاف عند فينوس صياد الذباب يتيح له أن يميز بين قطعة من القذر تسقط على ورقته ، وبين حشرة تتحرك هناك . وإجراء فتح ورقة النبات وإعداد الفخ يستنفذ طاقة . وقد قام التطور هكذا بانتخاب النظام الذى لا يضيع من الطاقة فى سبيل قطعة من القذر . إن الكشف عن الحشرات والإمساك بها يجعل هذا الكائن الحى يبدو وكأنه يسلك كحيوان مفترس أكثر منه كنبات . ومع ذلك فإنه نبات ، وله القدرة على الإمساك بالحشرات بدون الاستعانة بجهاز عصبى .

وبالمثل فإن نبات «لا تلمسنى» أو المجزاعة يكمش من أوراقه وسيقانه كرد فعل لعوامل الأذى والاستثارة الميكانيكية التى تحدث مثلا أثناء قيام الماشية بالرعى . وتتحدد السرعة والمسافة التى يتحرك بها الحافز عبر الأوراق والغصون والسيقان حسب شدة عامل الاستثارة و مرة أخرى ؛ فإن هذا النبات ليس لديه أى شئ مشابه لعصبونات الجهاز العصبى للحيوان . ونقل المعلومات هنا يستلزم آلية مختلفة . وثمة نباتات أخرى تصدر عنها حركات وإن كانت غير عنيفة هكذا . كما يحدث مثلا عندما تتحرك رؤوس عبّاد الشمس لتواجه الشمس ، فتواجه الشرق فى الصباح والغرب فى المساء .

و بالإضافة إلى هذا النوع من الاستجابات الواضحة للمدخلات البيئية فإن النباتات لديها ذخيرة أكثر حذقا فى الاستجابة للحوافز البيئية . فالنباتات تدرك المكان الذى

يأتي منه الضوء وتنمي براعمها في اتجاهه ، بينما قد تتخذ أوراق الأشجار موضعها بحيث تصل إلى أقصى قدر من الامتصاص . والبذور النابتة وهى تحت الأرض تحلل مجال الجاذبية بحيث تدفع البراعم لأعلي والجذور لأسفل . والبذور لديها القدرة على الاستيثاق من توقيت الزمن الافضل للإنبات ، وذلك بأن تحلل فى نفس الوقت العديد من العوامل البيئية - كمحتوى الرطوبة وحرارة التربة والدورات الحرارية من بين عوامل أخرى . وبعض هذه النظم جد معقدة حتى إنها مازالت غير مفهومة بصورة كاملة . كمثل ، فإن نباتات كثيرة تحوى معلومات من أجل أن تزهر أثناء أوقات معينة من السنة . وهى تفعل ذلك باكتشاف الطول النسبى للنهار والليل . وتحوى النباتات أنواعا شتى من النظم المعقدة تكشف ليس فحسب عن الضوء والجاذبية والرطوبة والجوانب الأخرى من بيئتها ، وإنما تكشف أيضا عن الأسلوب التى توجد به علاقات مؤقتة بين هذا الجوانب من البيئة . ويتم نقل المعلومات اللازمة لإنجاز هذه المهام من جيل للآخر . فالبذرة تحوى ، مثل البيضة ، المعلومات الضرورية لأن تصبح كائنا بالغا مهيأ للبقاء فى بيئة مركبة ديناميكية ، ثم تمرر هذه المعلومات إلى الجيل التالى .

أما ما لا تستطيع النباتات «المفردة» أن تفعله فهو أن «تتعلم» وباستثناء ما ناقشناه أعلاه ، فإن النباتات ، من حيث إنها ينقصها وجود الجهاز العصبى ، لا تظهر ردود فعل عكسية سريعة . وهى إذ تنقصها ردود الفعل العكسية ، فإنها غير قادرة على أداء أكثر الأنواع بدائية من ظواهر التعلم - أى ردود الفعل العكسية الشرطية . ولعل هذا هو السبب فى أن معظم العلماء يعتبرون حاليا أن النباتات ينقصها الذكاء كله .

وفى كتابنا هذا سنعتبر أن النظم ذات التنظيم الذاتى التى «تتعلم» تمثل نظم معلومات أكثر رقيا من تلك التى لا تتعلم . وعلينا أن نبقى فى أذهاننا أن أفرادا كثيرين لا يعتبرون أن قوقع البحر لديه ذكاء . وبالنسبة لهؤلاء فإن الحيونات التى تحوز ذكاءً هى فحسب تلك التى تظهر وعيا . أما حسب مخططنا فإن الحيوانات التى تستطيع تتبين ذاتها تمثل مستويات من الذكاء أرقى من تلك التى لا تسطيع ذلك . ومما يتفق مع هذا الفكر أن الكائنات الحية التى لا تستطيع التعلم لا توضع فى مرتبة الفئة «غير الذكية» ، وإنما تصف بدلا من ذلك على أن لديها مستوى ذكاء أكثر بدائية . وبالإضافة فإن الذكاء «الجماعى» لأى نوع معين - من نبات أو حيوان أو ميكروب - له القدرة على التعلم بالمعنى التقليدى : أى أن اكتساب المعلومات الجديدة عن البيئة المتغيرة يتم بواسطة النوع ككل . وذلك أن قوى التطور إذ تعمل عن طريق الانتخاب من بين سلسلة من الطفرات التى «تصيب حينًا وتخطئ حينا» ، فإنها تنتخب الطفرات المتكيفة مع البيئة الجديدة ، ثم تخزن هذه المعلومات الجديدة فى المادة الوراثية لكل نوع . وسوف يناقش هذا الموضوع فى القريب العاجل بتفصيل أكبر . على أن هذا فيه حجة قوية لاعتبار أن كل النظم البيولوجية تحوز بعض قدر من الذكاء .

## الذكاء فى النظم الفرعية البيولوجية

هناك نظم فرعية بيولوجية تعالج المعلومات للتواصل الى حالة اتزان البدن ، وبالتالى فإنها تحافظ على استقرار النظام الأصلى . والمثل على ذلك هو حلقات التغذية المرتدة التى تتحكم فى كمية الملح والماء فى سوائل أجسادنا وهى حلقات بيولوجية سلوكية مركبة (ستريكر وفيرباليس ١٩٨٨) . ويبدو أن الإحساس بالعطش فى الاحوال الطبيعية يكون محكوما بنظام التنظيم الضغط الأسموزى يشمل حلقة بسيطة واحدة من تغذية مرتدة سالبة . يحوى المخ أجهزة استشعار معينة تسمى «المتلقيات الأسموزية» . وهذه عندما يصيبها الجفاف تنشط نظاما مركزيا يحدث الإحساس بالعطش . وينتج عن ذلك استجابة سلوكية : فنشرب السوائل حتى يتم تصحيح الجفاف ، ويتم التوصيل إلى هدف النظام ، وهو الحفاظ إلى حد معقول على حجم ثابت لسوائل الجسم .

وإذا فرضنا أنه قد حدث إفراط فى تناول السوائل ، سيتم عندها إفراز فائض الماء فى البول . فالإفراط فى الشرب يسبب خفض تركيز المواد المذابة فى سوائل الجسم المحيطة بالخلية من خارجها يقل هذا التركيز عن الحد المسموح بتحمله بنسبة من واحد أو اثنين فى المائة . وهذا يؤدى إلى « كبح » إفراز هرمون الفيزوبرسين من الغدة النخامية ، وهو الهرمون المضاد لإدرار البول والذى يعزز من الحفاظ على المياه فى الكلى . وبالتالى فإن الكلى تطلق الماء . ويتم فى نفس الوقت أيضا المزيد من كبح الإحساس بالعطش .

وإذا أكلنا طعاما مملحاً بحيث يزيد تركيز الصوديوم فى سوائل الجسم عن حد معين ، فإن الجسم يفسر ذلك على أنه نقص فى الماء ؛ لأن المتلقيات الأسموزية بالمخ ترسل مرة أخرى أشارة بأن الجسم فى حالة من جفاف نسبى . والحلقة هنا هى نفس تلك التى وصفت فى الفقرة الأولى أعلاه .

ماذا يحدث عندما يصاب أحدهم فى حادثة يفقد فيها دماءً ؟ أو حتى نبسط الأمور ، ماذا يحدث عندما نتبرع بحوالى نصف اللتر من الدم لأحد بنوك الدم ؟ سوف يفقد الجسم قدر نصف اللتر من السوائل . وستكون الأولوية هنا للعمل على استقرار ضغط الدم . وسمة مدخل عصبى يدخل إلى المخ من المتلقيات المطّية المطمورة فى طبقة جدار العضلات الناعمة الموجودة فى أماكن مختلفة من الجهاز الدورى . وترسل «متقليات الضغط» هذه إشارات ينتج عنها أن تطلق الغدة النخامية مادة فيزوبرسين .

والفيزوبرسين كما سبق أن ناقشنا هرمون مضاد لإدرار البول وينتج عنه أن تحتفظ الكُلى بالماء . وهو أيضا يعمل كمادة قابضة للأوعية الدموية بما يسبب انقباض هذه الأوعية ، وبالتالى يزيد من ضغط الدم . وأخيرا فإن هذه الإشارات نفسها يبدو أنها تحفز أيضا الإحساس بالعطش . على أن شرب الماء الصرف إنما هو بديل سيئ لإحلال ما

يفقد من الدم . ذلك أن الدم المفقود يحوى أيضا صوديوم . وقد بينت التجارب التى أجريت على الجرذان أن الإحساس بالعطش يقل قبل أن يكتمل إحلال كمية السائل المفقودة بوقت له قدره . على أنه عندما يتاح للجرذان الحصول على محلول مركز من الملح مع الماء الخالص ، فإنها تتناول عندها مزيجاً مزيداً من الاثنين بحيث تستعيد كمية سائل الجسم المفقودة وتحافظ أيضا على الضغط الأسموزى الصحيح . ويبدو أن الحافز على اشتهاء الصوديوم يستلزم عدداً من الهرمونات الأخرى - وهى الرينين والأنجيوتنسين والألدوستيرون والأوكسيتوسين - وهى تعمل فى توليفة معا لتحفز سلوكا إيجابيا ، أو أنها تعمل بدل ذلك لتبطل التأثير الكابح للهرمونات أو المراكز العصبية بالمخ . ومن الواضح أن هذه الأمور تستلزم حلقات مركبة من التغذية المرتدة ؛ لأن الجسم الآن يحاول إعادة تنظيم النظام فيما يتعلق بمجموعتين من المعلومات : الأولى هى إحلال كمية سائل الجسم المفقودة واستعادة ضغط الدم الطبيعى . والثانية هى الاحتفاظ بالضغط الأسموزى الطبيعى بالتأكيد على أن كمية الماء التى يتم تعاطيها تتوازى مع تعاطى القدر الملائم للصوديم .

والحيوانات الراقية تحوى أمثلة كثيرة من هذه النظم الفرعية الذاتية التنظيم التى لا تقوم فحسب «بالكشف» عن تغيرات الحالات التنظيمية ، وإنما تقوم أيضا «بمعالجة» المعلومات ، وتقوم «بفعل» حسب هذه المعلومات وذلك لإعادة النظام إلى حالته الإصلية . من الواضح أن هذا لابد أن يعد شكلاً من السلوك الذكى .

وتكاد كل أجهزة الكشف ، كمتلقيات الضغط مثلا التى تكشف عن تغيرات الضغط المتلقيات الأسموزية التى تكشف عن التغيرات فى الضغط الأسموزى ، تكاد كلها يوجد لها أسلاف فى الكائنات وحيدة الخلية . والكائن الحى الحديث وحيد الخلية وراءه ألف مليون عام من التجريب التطورى . فالحيوانات وحيدة الخلية التى تعيش الآن كان لديها الوقت لتطوير أجهزة جديدة ، لأن تعدلها ، وتفقدها ، وتطورها مرة أخرى . ولأن تولف وتعيد توليف أجهزة متباينة ألخ .. وبالتالى فإننا نتعامل مع نظم متكاملة ذات تنظيم متقن ، لديها القدرة على تتابع باستمرار البيئة الخارجية ، هى والحالة الداخلية للنظام (الخلية نفسها) ، والتفاعل ما بين الاثنين . وقد تطورت الكائنات الحية المتعددة الخلية بتوسيع الكثير من هذه النظم ، لتتسع من مقاس ما هو موجود داخل الخلايا إلى مقاس ما هو موجود بين الخلايا . على أن المبدأ الأساسى - وهو حلقات التغذية المرتدة التى تتبادل الرسائل وتقوم بفعل حسب هذه الرسائل - يظل شرطا لازمًا لكل مستويات الذكاء ، وهذا يؤدى إلى الحقيقة المقررة التالية :

أى سلوك ذكى ، مما يستلزم تفاعلاً بين أحد النظم وبيئته ، يتأسس على الأقل فى جزء منه على تبادل للمعلومات يستلزم حلقات تغذية مرتدة .

## الذكاء البدائى

إذا كانت ظاهرة الذكاء مما ينظر إليه كطيف من الظواهر ، فما هى الآلية الكامنة التى خلقت ظاهرة كهذه فى المقام الأول ؟ ما الذى يقبع فى الأساس من ظاهرة الذكاء؟ إن كل النظم الحية ، بما فى ذلك النظم الفرعية فى النظم البيولوجية المتقدمة ، تظهر مستوى ما من الذكاء ، كما يُعرَف فى الكتاب الحالى . وإذن فإن السؤال الذى يجب أن نسأله هو : هل يمكن للنظم اللاعضوية غير الحية أن تظهر ذكاءً ؟

لنترك الآن جانبا «ذكاء الآلة» الذى سيشغلنا فى فصول لاحقة ، ولننظر حالة بلورة ثانى أكسيد المنجنيز التى نسقطها فى محلول من برمنجنات البوتاسيوم . إن البلورة بدلا من أن تذوب تصبح بؤرة لتفاعل ذاتى الحفز يحول محلول برمنجنات البوتاسيوم إلى ثانى أكسيد المنجنيز .

وقدرة بلورة ثانى أكسيد المنجنيز على تحويل بيئتها الخارجية إلى المزيد من ذاتها ، تثبت لنا أن النظام اللاعضوى يمكن أن يتكاثر . والبلورة بحالتها هذه قد أوفت بأحد معايير التحقق من السلوك الذكى . وهو معيار تعزيز القدرة على التكاثر .

وعندما تسقط بلورة أحد الأملاح كبذرة فى محلول فوق مشبع لهذا الملح ، أو عندما تسقط بلورة - بذرة من السليكون فى كتلة من السليكون المصهور أخذت حرارتها فى الانخفاض ، فإن هذا أيضا يقدح الزناد لبدء تفاعلات ينتج عنها ترسيب بلورات الملح ، أو تنامى البلورة - البذرة إلى بلورة كبيرة من السليكون ومرة أخرى يتم الإيفاء بمعيار القدرة على التكاثر . هل يعنى هذا أن البلورات لديها ذكاء؟ نحن الآن عند الحرف من طيفنا . ونحن فى حاجة لاتخاذ قرار عن الطريقة التى نضع بها حدودا لطيفنا . ونحن عندما نعّرف الطيف «المرئى» للضوء ، نعّرفه بلغة من الضوء الذى تراه العين البشرية . وهكذا فإننا نستبعد أجزاء من الموجات فوق البنفسجية - وإن كانت هذه مرئية للنحل مثلا .

وبالمثل ، فإن تعريفنا للذكاء سوف «يستبعد» البلورات الفردية . وبدلا من ذلك فإننا نعتبر أنها ذات «ذكاء بدائى» . أى أن البلورات مع كونها كيانات راقية التنظيم وتحوز معلومات لها اعتبارها وتشتغل بمعالجة المعلومات بصورة أساسية ، إلا أنها يعوزها الذكاء الحقيقى : ففى الأحوال العادية تفشل البلورات فى مضاعفة نفسها . وعندما تتكاثر فعلا فإنها تشتغل فى سلوك ذكى. على أن البلورات بمجرد أن ينتهى التفاعل تعود إلى حالتها غير الحية تماما ، وتصبح خاضعة بالكلية لتقلبات المصير التى قد تفرضها بيئتها عليها . ومع كل فإن البلورات قد تظهر «ومضات من السلوك الذكى»، وان كان ذلك لفترات وجيزة . ولهذا السبب فإننا نستحضر مفهوم «الذكاء البدائى» .

ومفهوم الذكاء البدائى له أهميته : إنه مهم فى حد ذاته هو نفسه ، وهو مهم لأى تحليل للذكاء . وهو شرط لازم لتحليل ذكاء الآلة .

و «يمكن تعريف الذكاء البدائى على أنه ظواهر تتضمن جوانب من السلوك الذكى ، ولكن هذا لا يوجد إلا مؤقتا ، أو هو عندما يوجد بصفة دائمة فإنه لا يفى بمعايير الذكاء إلا على نحو جزئى» . وكمثل ، فإن الذاكرة جزء متكامل من عملية التعلم . وهناك الكثير من النظم غير الحية التى تظهر ظاهرة الذاكرة : فهناك «معادن الذاكرة» ومواد أخرى «تتذكر» الأشكال والعمليات السابقة ، فالبندول عند اضطرابه يعود إلى تردده الرنينى ، والكثير من نظم الكمبيوتر - كل من المعدات (الخواشن) والمبرمجات (النواعم) - كل هذه تظهر مستويات شتى من الذاكرة وهى بهذا الحال تؤلف شكلا من الذكاء البدائى .

أما ما هو أشد بدائية فى تنظيمه بحيث يستلزم مكونات أقل عددا ، فهو الجزيئات والذرات والجسيمات تحت الذرية . وكما أشار هيفز (١٩٩١) ؛ فإن هذه الكيانات لها القدرة على الحفاظ على هويتها - فالبروتون يسلك كبروتون ، والإلكترون كالإلكترون وذرة الهيدروجين كذرة هيدروجين . وقدرة هذه الكيانات على الحفاظ على سلامتها فيزيقيا ، وعلى الاشتغال بتبادل المعلومات وكذلك بمعالجة المعلومات ، هذا كله يتضمن أنها نظم معلومات مستقرة تظهر جوانب من الذكاء . وحسب كتابنا هذا فإن عجزها عن الإكثار من ذاتها ، بخلاف ما يحدث فى النظم البيولوجية ، يجعلنا نضع هذه الكيانات غير الحية فى الأشكال الأدنى من الذكاء - أى فى نظم الذكاء البدائى .

والتكاثر فى النظم البيولوجية يتأسس على نقل المعلومات عبر الأجيال عن طريق مادة وراثية مستقرة (حامض دنا أو رنا) . وانتخاب خصائص جديدة (طفرات) لتكييف النظام بصورة أفضل مع البيئة أمر يستلزم عملية تعلم . فكما أن الجرذان تتعلم طريقها من خلال المتاهة بالتجربة والخطأ ثم تتذكر حركات التنقل الناجحة ، فإننا بمثل ذلك نجد أن أحد الأنواع يتعلم هو أيضا عن طريق التجربة والخطأ ، فى الطفرات العشوائية ، ثم «يتذكر» الطفرات الناجحة بأن يدمج هذه المعلومات المفيدة فى طاقمه الوراثى (حمض دنا أو رنا) لاستخدامها فى المستقبل . وأهمية التكاثر البيولوجى لها علاقة بقدرة النظم البيولوجية على «تعلم» التكيف مع بيئتها . وهذا هو السبب فى ان كل «الأشياء» الحية يمكن القول بأنها تحوز ذكاءً ، بينما النظم اللاعضوية لا تحوز إلا ذكاءً بدائيا .

وبالتالى ، فإن قدرة أحد النظم على أن يكاثر من نفسه ، أو أن يتم الإكثار منه من خارجه ، هى مكون حيوى «للذكاء» ؛ لأنه بدون التكاثر لا يكون للنظام فى الواقع أى فرصة للتطور . فالتطور كله يستلزم عملية تعلم والقدرة على التعلم قد تكون مفيدة كدليل للتحقق من أن أحد النظم يظهر ذكاء حقيقيا (وليس ذكاءً بدائياً) .

ومفهوم الذكاء البدائى يجب أن يكون جزءا متمما من مفهوم تطور الذكاء . فتطوير الرئة فى الحيوانات التى تعيش على الأرض الجافة له ما سبقه من تطور مثانة السباحة فى السمك ، وهى التى استقيت منها الرئة . وتطوير العظام ، التى لها أهميتها للبقاء على اليابسة ، قد سبقه تطوير السمك العظمى . والسمك لا يحتاج إلى عظام صلبة ليؤدى وظيفته فى الماء أحسن أداء . فالقروش التى لا تحوز سوى غضاريف لينة نسبيا قد ظلت تحسن الأداء كل الإحسان طيلة مئات الملايين من السنين وهى تسبح فيما حولها بالمحيطات . على أن السمك الذى يتحرك ضد التيار فى الماء العذب يجابه بمشكلة عدم التأكد من إمداد ، بالكالسيوم ذى الأهمية الحيوية . وأى حل أكثر منطقية من تخليق «بنك» للكالسيوم بأن يتم ترسيب مركبات الكالسيوم فيما بين الغضاريف ؟ وبالتالى فإن البنيات الميكانيكية الغضروفية يمكن ان تعتبر بمثابة «عظام بدائية» ، وبالمثل فإن مثانة السباحة يمكن أن تعتبر بمثابة «رئة بدائية» ، كما تعد زعانف معينة للأسماك بمثابة «سيقان بدائية» . والانتقال من بيئة مائية إلى بيئة يابسة خطوة بالغة الأهمية للارتقاء فى تطور الحياة على هذا الكوكب ، وهى لا تشمل الفقاريات وحدها ، بل تشمل أيضا اللافقريات (من المحتمل أن الحشرات كانت أول حيوانات اليابسة) ، والنباتات ، وأقدم كل الغزاة أى الكائنات الحية الدقيقة .

ونحن نتبين أن ثمة فارقا بين الحيوانات التى تنفق حياتها على اليابسة وتلك التى تنفق حياتها فى الماء . على أن هناك برمائيات عديدة تمثل حالة توسطية . وبطريقة مشابهة ، فإن تطور نظم المعلومات إلى نظم ذكية يتضمن فيما يحتمل أطوارا توسطية.

وعند هذه النقطة يصبح مفهوم الذكاء البدائى مفيدا . فنحن ننظر أمر ظواهر هى فى حد ذاتها لا تفى بمعاييرنا للذكاء ، ولكنها على علاقة به . ونحن لن ننظر إلى عين سمكة على أنها ستتطور إلى رئة ، ولن ننظر إلى أوعيتها الدموية على أنها ستتطور إلى عظام ، وبدلاً من ذلك فإننا ننظر إلى ما لديها من مثانة للسباحة وإلى غضاريفها . وبالمثل فنحن ننظر الى نظم المعلومات التى تظهر جوانب محدودة من الذكاء على أنها تشكل ظواهر من الذكاء البدائى التى تتطور منه النظم الذكية .

قد حددت المناقشة المذكورة أعلاه ظواهر عديدة يمكن تصنيفها كذكاء بدائى :

١- القدرة على الحفاظ على البقاء ، كما تبين من استقرار الجسيمات الذرية .

٢- القدرة على التكاثر ، كما يضرب المثل عليها تنامى إحدى البلورات .

٣- الذاكرة .

وهناك ظواهر أخرى سيتم تحديدها عندما ننقب فى الموضوع بعمق أكبر . على أن ثمة شكلا من أشكال الذكاء البدائى أساسى للغاية ، بحيث يستحيل إتمام أى مناقشة متنورة عن الذكاء بدون هذا الشكل ، وهو «التغذية المرتدة» . فكل النظم الذكية تعالج المعلومات من خلال حلقة رئيسية واحدة على الأقل من التغذية المرتدة .

وحلقات التغذية المرتدة لها أسلافها فى شكل دورات منتظمة قد يحدث فى ظروف معينة أن تمثل شكلا من الذكاء البدائى . ويمكن ملاحظة الدورات التى من هذا النوع فى تنظيم إحدى الذرات ، وفى البندول المتأرجح ، وفى النظام الإلكترونى المرنان ، وفى الكوكب الذى يتأرجح فى دورات حول أحد النجوم ، وفى استقرار خلايا بينارد ، وفى التفاعلات الكيماوية الدورية - أى فى أى ظاهرة دورية فيها تناوب دورى منتظم يتضمن قوتين ذات مفعولين متضادين : قوة طاردة مركزية وقوة جذبية مركزية ، قوة كهروستاتيكية وقوة كهرومغناطيسية ، قوة مؤكسدة / وقوة مختزلة ، الخ . والتذبذبات المنتظمة مثلها مثل البوصلة الدوارة * وهى تلف ، فتنزع إلى الحفاظ على استقرار النظام حتى عندما تتغير البيئة . فهى تمثل آلية رئيسية بالنسبة للقدرة على الحفظ على بقاء أحد النظم .

وفى بعض النظم ذات الذكاء البدائى ، يحدث فى أحد الأوقات أن تخمد الذبذبات لتختفى نهائيا . وينهار النظام . وفى نظم أخرى منها ، كما فى الذرات ، يبقى الحفاظ على التنظيم إلى مالا نهاية بواسطة تفاعل مركب بين القوى الداخلية . وعلى العكس من ذلك ، فإن الايقاعات الداخلية فى النظم البيولوجية يتم الحفاظ عليها بواسطة مدخلات محكومة تأتى من مصدر طاقة خارجى . وتفعل النباتات ذلك باستخدام ضوء الشمس ، وتفعله الحيوانات بأن تأكل النباتات أو الحيوانات الأخرى . وبالمثل فإن النظم الميكانيكية أو الإلكترونية تعمل بأن يكون لها مصدر متاح للطاقة .

تعد ساعة جدّى مثلا ممتازا لقطعة آلية تشكل نظام ذكاء بدائى . فهى شىء يعمل بالتوجيه بالهدف . وهدفها ( الذى يفرضه المصمم البشرى ) هو أن تحرك عقارب الساعة فى خطوات مستمرة صغيرة ومتساوية تساويا دقيقا . وهى تعالج المعلومات من حيث إن الوقت الذى يستغرقة أحد الأثقال فى الهبوط يتم تحويله إلى حركة عقربى الساعة . وهى تنجز هذا الهدف بأن تنظم مدخل الطاقة بواسطة تروس وروافع ميكانيكية وبندول يتارجح ترجيحا مطردا ، وبحيث يتم التوصل إلى مخرج مستمر . على أن الساعة لا تحوى أى نظام للتعويض عن التغيرات التى تحدث فى البيئة . فالشد الجذبوى المستمر للثقل هو الذي يحرك الماكينة التى تتك على نحو مطرد . ولو أصبح الثقل أثقل غير كاف ، كما يحدث عندما يصل الى طرف السلسلة ، فإن الساعة تقف ، ولو اصبح الثقل مما ينبغى ، تحاول الساعة أن تجرى بسرعة أكبر وربما انكسرت . وزيادة درجة الحرارة تجعل البندول يصبح أطول ، فتبطئ سرعة الساعة . ويحدث العكس لو بردت درجة الحرارة الخارجية .

تظهر ساعة الجد هكذا جوانب من الذكاء ؛ فهى موجهة بالهدف ، وتعالج معلومات، وتنظم (على نحو محدود) الأداء الإجمالى للطاقة ، وتحول الطاقة إلى معلومات ، وبندولها

* الجيروسكوب : أداة تستخدم لحفظ توازن الباخرة أو الطائرة ولتحديد الاتجاه . ( المترجم ) .

يظهر ذاكرة (من حيث إنه لو أصابه اضطراب فإنه يعود إلى التردد الأساسي لذبذباته) . على أن هذه الساعة تعتمد بالكلية على التوليفة المناسبة من عوامل مفروضةخارجيا من أجل أن تنجز هدفها . وهى لا تستطيع أن تتعلم ، ولهذا السبب فإننا يمكننا تصنيف ساعة الجد كجهاز ذى ذكاء بدائى .

وساعة الجد تعطينا المثل لنظام له الكثير من خواص الذكاء ، إلا أنه ينبغى تصنيفه كنظام بدائى الذكاء . وعندما ندرس ذكاء الآلة فى فصول لاحقة ، سوف نرى أن الحد الفاصل يصبح مضببا على نحو متزايد . والمشكلة هى من نوع مألوف عند البيولوجيين الذين يحاولون تحديد الصنف : «متى يكون أحد المتباينات نوعا جديدا» ؟ – وهى مشكلة لها ما يناظرها عند كل مستويات التصنيف .

وبالمثل ، ففى تاكسونوميا * الفقريات ، يختلف صنف «الثدييات» عن صنف «الزواحف» التى تطورت الثدييات منها ، وذلك بأن الثدييات عامة تحوز شعرا وتلد صغارا أحياء ، وهى ذات دم حار ، بينما الزواحف لها حراشيف ، وتضع بيضا ، وذات دم بارد . على أن أحد الثدييات ، وهو المدرع ، عنده حراشيف . وهناك ثديى آخر ، وهو البلاتيبوس ، له منقار كالبطة ، ويضع بيضا ، بينما هناك ثعابين معينة وزواحف أخرى تلد صغارا أحياء ، ومما يعتقد أن ديناصورات معينة كانت من ذوات الدم الحار . وسبب هذا التداخل هو أن الثدييات لم تتطور مرة واحدة ، ولكنها تطورت من الزواحف مرات عديدة كل منها على نحو مستقل ، ونواتج خطوط التطور المختلفة تظهر تداخلا فى الخواص .

وبطريقة مشابهة ، فلابد وأن تطور النظم الذكية من النظم بدائية الذكاء قد حدث فى مناسبات عديدة تتضمن صنوفا مختلفة تماما من نظم المعلومات المتقدمة ، مما ينتج عنه المشكلة التصنيفية التى لا حل لها ، وهى مشكلة إيجاد تعريف لا لبس فيه لما يكونه النظام البدائى الذكاء وما يكونه النظام الذكى . ويجب بالتالى أن نتبين أن الطرف الأدنى من طيف الذكاء هو طرف لا وضوح فيه : حيث يصبح من المستحيل تخليق حد واضح للتمييز بين نظم معالجة المعلومات المتقدمة التى تظهر ذكاءً بدائيا وتلك التى يمكن تصنيفها على أنها ذكية حقا .

---

* التاكسونوميا : علم التصنيف وخاصة تصنيف النباتات والحيوانات . (المترجم) .

يمكننا - إذن - أن نعرّف فحسب حدود الطيف المعروف للذكاء : فعند أقصى طرف هناك مكعب السكر الذى يذوب فى قدح الشاى . ورغم أن المكعب منظم تنظيما راقيا ، إلا أنه محكوم تماما بالأحداث البيئية ويظهر صفرا من الذكاء . وعند الطرف الأقصى الآخر هناك المجتمع الراقى تكنولوجيا الذى يقرر تحويل مياه أحد الأنهار لتروى أحد السهول ليوفر إمدادا مؤكدا من الغذاء لكل السكان .

عندما ننظر فى أمر حدى طيف الذكاء المعروف ، وكذلك شتى ما بينهما من مراحل ، سينبثق بالتالى مبدأ جديد وهو أن الذكاء الذى يظهره أحد النظم يمكن قياسه ، نظريا على الأقل ، كنسبة أو «معامل» لقدرة النظام على «التحكم» فى بيئته ، مقابل نزعة النظام لأن يتم «التحكم فيه» بواسطة البيئة .

إن استخدام البيئة أقصى استخدام مفيد هو إحدى طرائق ممارسة التحكم فى البيئة . والنظام الذى «يتكيف» مع بيئة مستقرة يمكن اعتبار أنه قد أنشأ شكلا من التحكم الجزئى : فهذه طريقة لأن يحدث معا استغلال البيئة لفائدة النظام ، والإقلال من احتمال تدمير النظام بواسطة بيئته .

وبالتالى فإن المفهوم المفتاح هو كما يلى : «الذكاء» مقياس لقدرة النظام على أن يستجيب بفاعلية لما يحدث من تغيرات فى البيئة ، وبالتالى فإنه يعزز من قدرته على البقاء ، أو قدرته على التكاثر .

وبالنسبة للنظم البيولوجية فإن هذا قد شمل فى أول الأمر شتى أشكال التكيف التى أتاحت للنظم أن تنشئ آليات داخلية للاتزان البدنى لتوازن من التغيرات التى فى البيئة الخارجية . وفيما بعد أصبح للأشكال الأرقى من الذكاء القدرة على التأثير مباشرة فى بيئتها وعلى التحكم فى هذه التغيرات . وفى النهاية أخذت هذه النظم تعيد تشكيل بيئتها .

وإعادة تشكيل البيئة يضرب المثل عليها ما يوجد من كيمان النمل وأعشاش الطيور وسدود القندس المائية . على أن خلاصة هذه العملية من التحكم فى البيئة هى ما تم التوصل إليه بواسطة المجتمع البشرى المعاصر : إن القارئ عندما يرفع بصره عن هذا الكتاب ، لن يكون من المحتمل أنه سيرى سوى أقل القليل مما لم تخلقه الأيدى البشرية. وحتى فى الخلاء ، فإن الأشجار والمروج تعكس تدخلا بشريا . والأشياء الوحيدة التى تركها الإنسان بدون أن يمسها نسبيا هى الغابات العذراء ، والصحراء ، والجبال ، والمحيطات ، والسحب ، والسماء .

ويمكن النظر إلى تطور الحضارة البشرية كعملية ينتج عنها تحكمها فى بيئتها تحكما يتزايد أبدا . ولابد أن يكون واضحا لنا أن بيئة أى مجتمع معين تشمل لا فحسب بيئته الفيزيقية (التربة وسقوط المطر والموارد الطبيعية ، الخ) وإنما تشمل أيضا بيئته البيولوجية (النباتات والحيوانات والآفات والأمراض) وبيئته الاجتماعية (الجيران وشركاء العمل والأعداء) . وكمثل ، فإن مجتمعا ما ربما يكون قد ضمن لنفسه إمدادا ثابتا من الطعام ، ولا يلبث أن يقع ضحية لأحد الأوبئة أو يصيبه الهلاك من جيران مولعين بالقتال . هذا ، وظهور وتطور وهلاك مدى واسع من المؤسسات الثقافية أثناء تطور المجتمعات البشرية يمثل الجهود التى تقوم بها هذه المجتمعات لتعظم من تحكمها فى كل بيئتها .

ومن كيمان الأرضة حتى مدن البشر ، نجد أن «الحياة» وهى تستخدم «الذكاء» كأداة لها إنما تناضل لتخليق ظروف بيئة محيطة من اختيارها هى نفسها ، وبالتالى فإنها تقلل من الأحوال المتقلبة التى تكون فى بيئة لا مبالية . وأحد مقاييس فعالية الذكاء ، وبالتالى أحد مقاييس الذكاء نفسه ، هو نجاح النظام فى قدرته على تخليق بيئته المفضلة الخاصة به .

## Literature Cited


C Blakemore (1988) The Mind Machine, BBC Books, London .

GG Gallup, Jr (1975) Towards an operational definiton of self - awareness, in Socioecology and Psychology of Primates (RH Tuttle ed) , pp.309 -341, Mouton , The Hague.

RA Gardner and B Gardner (1969) Teaching sign language to a chimpanzee, Science 165 : 664 - 672.

J Goodall (1971) In the Shadow of Man, Houghton Mifflin, Boston , Mass.

DR Griffin (1984) Animal thinking, Am. Sci. 75 (5) : 456 - 464.

DR Griffin (1984) Animal Thinking, Harvard University Press, Cambridge, Mass.

K Haefner (1988) The evolution of information processing, Faculty of Mathematics and Informatics, University of Bremen, Germany.

K Haefner (1991) Evolution of information processing systems, Project Evolution of Information Processing, University of Bremen, Germany.

LM Herman (1986) Cognition and language competencies in bottlenosed dolphins, in Dolphin Cognition and Behaviour : A Comparative Approach (RJ Schuster - man, JA Thomas and FG Wood ed), pp.221 -252, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale,NJ.

PN Johnson - Laird (1983) Mental Models, Cambridge University Press.

A Kortlandt (1973) Comments following GW Hewes Primate communication and the gestural origin of language, Current Anthropol. 14 (1-2) : 5-24 .

H Kummer (1982) Social Knowledge in free - ranging primates, in Animal Mind - Human Mind (DR Griffin ed) , pp. 113 -130, Springer - Verlag, New York.

HC Longuet - Higgins (1987) Mental Processes, The MIT Press, Cambridge, Mass.

EA Marcus and TJ Carew (1990) Ontogenetic analysis of learning in a simple system,in The Development of Neural Bases of Higher Cognitive Functions (A Diamond ed) , pp.128 - 145, New York Academy of Science.

E Menzel (1975) Natural language of young chimpanzees, New Sci. (16 Jan) : 127 130.

H . Moravec (1988) Mind Children, Harvard University Press, Cambridge, Mass.

P.J. Morgane, MS Jacobs and A Galaburda (1986) Evolutionary Morphology of the dolphin brain, in Dolphin Cognition and Behaviour : A Comparative Approach (RJ Schusterman, JA Thomas and FG Wood ed) ,pp. 5 - 29, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ .

AJ Premack and D Premack (1972) Teaching language to an ape, Sci. Am. 227: 92 - 99.

D Premack (1971) Language in chimpanzees, Science 172 : 808 - 822.

WE Reichardt and T Poggio (ed) (1981) Theortcal Approaches in Neurobiology, The MIT Press, Cambridge, Mass.

SH Ridgeway (1986) Physiological observations on dolphin brains, in Dolphin Cognitinon and Behaviour : A Comparative Approach (RJ Schusterman, JA Thomas and FG Wood ed), pp.31-59, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ.

D Rumbaugh and S Savage - Rumbaugh (1978) Chimpanzee languge research :status and potential, Behaviour Res. Methods and Instrumentation 10 (2) : 119 - 131.

EM Stricker and JG Verbalis (1988) Hormones and Behavior : the biology of thirst and sodium appetite,Am. Sci. 76: 261 - 267.

RH Tuttle (1990) Apes of the World, Am . Sci . 78 : 115 - 125.

F de Waal (1989) Peacemaking Among Primates,Harvard University Press, Cambridge, Mass.

## ٣ - أصل الذكاء وتطوره المبكر

### مقدمة

«... إنك لا تستطيع قط أن تمسك البداية الحقيقية لأى شىء»
(تيلار دى دشاردان ١٩٥٦ ، ص٦٤) .

ظاهرة «الحياة» - أى أصل وتطور الكائنات الحية على هذا الكوكب - تقدم أحسن مثل لأصل ظاهرة ، «الذكاء» الحقيقى المعروف لنا وتطوره المبكر . بل هى حتى وقت حديث كانت تقدم المثل الوحيد لذلك . ومع وفود ذكاء الآلة تغير هذا - الأمر الذى سيناقش فى فصول لاحقة . أما فى هذا الفصل فسوف نستكشف أصل نظم الذكاء البدائى فى النظم قبل الحياتية ، ثم ننظر فى جوانب معينة من الأشكال البسيطة للذكاء كما تتمثل فى النباتات والكائنات الحية الدقيقة .

### الشروط اللازمة للذكاء

ثمة فرض أساسى لأقصى حد ، يمكن لنا أن نفترضه عن ظاهرة الذكاء ، وهو أن : «الذكاء خاصية للنظم المتقدمة المعلومات» .

بمعنى أنه كما أن المعلومات خاصية للكون ، فبمثل ذلك تماما يكون الذكاء خاصية للنظم المتقدمة للمعلومات .

والنظام يحوى معلومات إذا أظهر تنظيما . وكلما زاد ما يحويه النظام من معلومات ، يصبح تنظيمه أعظم ، كما يصبح أكثر تركبا . والنظم المتقدمة للمعلومات تظهر الكثير من الملامح التنظيمية المركبة ، وبعض هذه الملامح يعد المسرح لظهور الذكاء البدائى . ومن بين هذه الملامح هناك خمس عمليات أساسية يجب أن تكون جد راسخة قبل أن تتمكن النظم المركبة للذكاء البدائى من الظهور . وهذه العمليات هى :

١- الرنين *
٢- الاستنساخ
٣- التمايز
٤- إعادة التوليف
٥- التغذية المرتدة

* الرنين : حالة تجاوب نظام اهتزازى لقوة ترددها مساو أو قريب من التردد الطبيعى للنظام ، وهو يحدث فى النظم الصوتية والميكانيكية والذرية والكهرومغناطيسية وفى بعض الظواهر الكيميائية والنووية (المترجم) .

«الرنين» : أحد الملامح الرئيسية للكثير من النظم المنتظمة هو أنها تظهر رنينا، والرنين ينتج عنه ذبذبات . وهذه ينتج عنها دورات منتظمة – مدى من الظواهر التى نلاحظها ابتداءً من النظم تحت الذرية حتى النظم الاجتماعية البشرية . والدورات المنتظمة تفضل «الاستقرار» : والأمر كبوصلة الجيروسكوب التى تلف ، ويصبح القيام باستبدال أو تشويه النظام الدورى أصعب كثيرا من فعل ذلك مع نظام إستاتيكى . على أن النظام الرنينى يسمح أيضا «بتباينات» بسيطة . وكل دورة يتكرر رجوعها تسمح بإدخال تباينات فيها . وكلما كان النظام أكثر تركيبا – أى كلما كانت الدورات الفرعية أكثر تعددا وتركيبا – أصبح إدخال التباينات أكثر سهولة .

ويصبح المسرح هكذا ممهداً لظهور نظم معلومات متقدمة . وإذا كان التباين يمثل النصف الأول من آلية التطور ، فإن «الانتخاب» تمثل النصف الثانى : فالنظم التى تصلح تبقى ، وتلك التى لا تصلح لاتبقى . والنظم الرنينية تتطور إلى حلقات تغذية مرتدة ، ليس فحسب بين شتى مكونات النظم والنظم الفرعية – بحيث تؤكد استقرارها تنظيميا – وإنما أيضا بين النظام «وبيئته» . ويبدأ النظام بمهمة بدائية هى اكتشاف التغيرات التى فى بيئته والاستجابة لها . وهذا هو ميلاد الذكاء .

«الاستنساخ» : إحدى أسلم الطرائق لإدخال التباينات إلى أحد النظم بدون تدميره هى أن يتضاعف النظام بالنسخ – أى بأن ينقسم (أو يتكاثر) إلى وحدات كثيرة متطابقة ، ثم بعدها ، وبعدها فقط ، يمارس «التجريب» على بعض هذه الوحدات الفرعية . وبعد أن يتم الاستنسال هكذا ، فإن التباين الذى يكون مميتا لإحدى الوحدات العديدة لايلزم بعد أن يكون مميتا للكل .

«التمايز» : الاستنساخ ؛ إذ تتبعه عملية تؤثر فى الأجزاء المفردة (المستنسخة) ، يؤدى إلى التمايز .

وهذه هى الطريقة التى تطورت بها الحشرات : ابتداءً من إحدى المفصليات متعددة الحلقات مثل الدودة الألفية ، حيث كل ما فيها من الحلقات لها سيقان وتتشابه عموما ، ووصولا إلى الحشرة التى لا يحوز السيقان فيها إلا القطاع الأوسط ، أى الصدر ، وتتحور الحلقات الأخرى ؛ بحيث إن الحشرات تنتج بدلا من السيقان قرون استشعار أو أجنحة (انظر العرض الذى كتبه لوجون وكارول ١٩٨٨) . وكما تشهد الفقرات فى عمودنا الفقرى ، فإننا نحن البشر يمكننا أيضا متابعة أسلافنا وراءً إلى الحيوانات ذات الحلقات .

وإذا كانت كل حلقة من الحلقات المتماثلة أصلا ، تتطور لتنفيذ وظيفة متخصصة داخل الكائن الحى المفرد حتى تتيح قدرة بقاء أرقى ، فإن خلية النحل إذن توضح أن الأمر نفسه قد يحدث «عبر» أفراد عديدين هم أصلا متشابهين . والحشرات الأكثر

بدائية تتكون من أفراد متطابقة إلا من حيث الجنسين . أما النحل فهو من الناحية الأخرى قد طور مجتمعات حيث فئات الأفراد تصبح متمايزة «تشريحيا»، وذلك حتى تنفذ وظائف محددة . فبالإضافة إلى اختلافها فيزيقيا ، فإن هناك اختلافات سلوكية أبعد مدى . وكمثل ، فإن الشغالات المنهمكات فى رعاية اليرقات تنفذ مهاما تختلف عن مهام الشغالات التى تكون وظيفتها الرئيسية هى جمع حبوب اللقاح والرحيق . بل إن تمايز الأفراد فى مجتمعات النمل يتطور حتى إلى ما هو أبعد لينتج عنه طوائف اجتماعية عديدة ، كل منها تتميز تشريحيا عن الأخرى ، وكل منها مكيفة لتنفيذ مهمة محددة ، وهكذا فإن مستعمرة النمل ككل هى وخلية النحل كل منهما فى حالة تكامل جد راقية ، حتى إن بعض المنتمين للمذهب الطبيعى يعدون أن هذه التجمعات ذات الأجزاء المختلفة تكافئ كائنا حيا واحداً ذا تمايز (بدلا من أن تكافئ مجتمعا) ، وأن حشرات النمل أو النحل المنفردة تماثل الخلايا الفردية أكثر من أن تكون كائنات حية فردية – الأمر الذى سنستكشفه بأكثر فى الفصل التالى .

والطبيعة لا تقتصر على مجرد استنساخ البنيات – وإنما هى أيضا تستنسخ العمليات . وبالمثل ، فإن عملية التطور نفسها ، التى تتأسس على التباين والانتخاب ، تعاود الظهور ثانية المرة بعد الأخرى عند كل مستوى أرقى من التنظيم . وبالمثل ، فإنه يتكرر المرة بعد الأخرى أن تحدث الآلية التى وصفها تيلارد دى شاردان وصفا واضحا – وهى أن يتشعب خطان من التطور فى تباعد ، ثم يندمجان ليتحدا فى الأشكال جديدة تماما . وكمثل ، فإن هذه الآلية لا تظهر فحسب أثناء عملية التطور ، وإنما هى تمثل أيضا العمليات الرئيسية التى تكمن فى الأساس من الاستجابة المناعية لأجسادنا نحن إزاء الغزاة المغيرين على تيار الدم . فالجينات عن طريق اتحادها بطرائق كثيرة مختلفة تستطيع بواسطة مئات معدودة من الجينات ، أو على الأقصى بواسطة آلاف معدودة منها ، أن تشفر لملايين الأجسام المضادة المختلفة التى تشكل جزءاً من آليتنا المناعية .

«إعادة التوليف» : لعل من الحق القول بأن عملية «التوليف» و «إعادة التوليف» هى المصدر الأول لخطوات التقدم الرئيسية فى التطور (وليس التزايد المطرد فى الطفرات النقطية) . وبالمثل ، فإن الخلية ذات «النواة الحقيقية» التى تحوز ذلك العضّى المعقد المسمى بالنواة – وهى عضّى غير موجود فى الخلايا الأكثر بدائية «ذات النواة الكاذبة» – هذه الخلية فيها تركب فى البنية يعتقد الآن أنه يدل على أن الخلية ذات النواة الحقيقية مشتقة من توليفات من أنواع من الخلايا الأكثر بساطة ( ذات النواة الكاذبة) . وكمثل ، فإن خلايا النبات التى تمثل الضوء فيها كلورو بلاستات يعتقد أنها تمثل الاشتقاقات التطورية لما كان فى السابق بكتريا مستقلة تمثل الضوء ، وهى السيانوبكتريا . أما الميتوكوندريا التى توجد فى خلايا كل من النبات والحيوان (والتى تمثل «محطة الطاقة» للخلية) فهى بالمثل تمثل اشتقاقات بكتريا كانت مستقلة فى الازمنة القديمة (مرجوليس ١٩٧٠) .

أصبحت الخلية ذات النواة الحقيقية وحدة البناء الأساسية فى الكائنات الحية متعددة الخلايا . على أن الخلايا ذات النواة غير الحقيقية لها القدرة فى حالة البكتريا التى تكون مستعمرات ، على أن تنتج مستعمرات ذات خلايا متمايزة ؛ بحيث إن المستعمرة ككل تسلك بما هو أشبه بالكائن الحى الفرد . إلا أن التطور لا يمكنه اجتياز الممر المؤدى إلى الكائنات الأكثر تركبا المتعددة الخلايا ، إلا إذا أصبح فى الإمكان استخدام الخلايا الأرقى ذات النواة الحقيقية كوحدات للبناء . وهذا فيما يحتمل يعكس حقيقة أن كيان الخلايا ذات النواة الكاذبة تتم المحافظة عليه بوجود جدار خارجى للخلية ، بينما كيان الخلية ذات النواة الحقيقية تتم المحافظة عليه بوجود هيكل خلوى داخلى ( كابنيك وبيتى ١٩٩١) . ووجود الهيكل الداخلي بدلاً من الجدار الخارجي يتيح حرية أكبر كثيراً فيما يتعلق بالمواد والجسيمات التى تنتقل إلى داخل وخارج الخلية . وهذا بدوره يمهد المسرح لظهور اتصال أفضل بين الخلايا – أى كل ذلك النوع البدائى من الاتصال الذى يستلزم تبادل الكيماويات . والاتصال الأفضل بين الخلايا يشكل الخطوة الأولى لمزيد من التكامل بين النظم المتطورة . والخطوة الثانية تسلتزم خلق حلقات التغذية المرتدة .

ومبدأ التشعب ثم إعادة التوليف يتضح لنا على نحو متكرر ، ليس فحسب أثناء سياق التطور (على مستوى نشأة القبيلة) وإنما يتضح أيضا أثناء تنامى الجنين إلى شخص بالغ (على مستوى تطور الكائن الفرد) . فالجسد البشرى يتنامى من خلية واحدة (ذات نواة حقيقية) إلى مالا حصر له من أنواع الخلايا – أنواع مختلفة من خلايا الدم ، وخلايا الكبد ، وخلايا العضلات ، وخلايا القلب ، وخلايا المخ ... الخ ، والخلايا لا تقتصر على صنع أنسجة مختلفة أو أعضاء أو عضو أو أجهزة يختلف أحدها عن الآخر ، إنما نجد أنه «فى الداخل» من كل نسيج أو عضو أو جهاز توجد خلايا من أنواع مختلفة . على أن هذه الاختلافات التى لا حصر لها تتولف لتشكيل وحدة متناسقة ذات تركب لايصدق – وحدة يبلغ من تركبها أننا لم نفهم بعد فهما كاملا الطريقة التى تعمل بها (فيزيولوجيتها) والطريقة التى يظهر بها شكلها إلى الوجود (التكوين الشكلى) .

فى الأطوار جد المبكرة من تنامى الجنين البشرى ، بعد أن تكون البويضة المخصبة قد انقسمت مرات معدودة فحسب ، تبدو كل خلية كمجرد «نسخة طبق الأصل» من الخلايا الأخرى : ويمكن أن تعزل أى من هذه الخلايا لينشأ عنها كائن حى كامل (خلايا ذات فاعلية كلية) . على أنه مع استمرار الانقسام الخلوى ، سرعان ما تأخذ الخلايا فى «التمايز» ، ويبدو أن فاعليتها الكلية تصبح محدودة ، بحيث إنها فى أول الأمر تكون قادرة على أن تنتج على نطاق واسع صنوفا مختلفة من أنماط الخلايا (فمازالت هذه الخلايا ذات فاعلية متعددة) ، وبعدها كلما أصبح الجنين أكثر وأكثر تركبا ، زاد تحدد الفاعلية بحيث إن معظم الخلايا لا تستطيع فى النهاية إلا إنتاج

نمطها الخاص بها وحدها (وحيدة الفاعلية) ، أو أنها فى بعض الامثلة لا تستطيع حتى أن تنقسم مطلقا ، كما فى حالة خلايا الدم الحمراء البالغة الموجودة فى الجهاز الدورى البشرى ، أو الخلايا العصبية البالغة الموجودة فى مخ الإنسان .

تستلزم عملية التمايز أن يحدث تنشيط ووقف تنشيط للجينات المختلفة . بمعنى أن المعلومات المختزنة فى حامض دنا بالخلية يتم إطلاقها ومعالجتها فى حزمات صغيرة نسبيا ، من خلال تعاقب زمنى محكوم باحكام . أما أى الحزمات هى التى تنشط وأيها يوقف تشغيلها ، وأيها يتم منعها عن النشاط فى المقام الأول (الكبح) ، فهذا أمر يعتمد على تتابع الرسائل الكيميائية التى ينشأ بعضها من الماكينات الإيضية للخلية نفسها ، وينشأ البعض من الخلايا المجاورة ، وينشأ البعض الآخر من خلايا بعيدة بعض مسافة عن الخلية المتلقية . وهذا الوضع الأخير يستلزم وجود الهرمونات – «الرسائل الكيميائية» – التى تواصل القيام بهذا الدور الحيوى لتتكامل تريليونات الخلايا المتنوعة بالجسم البشرى البالغ فى كل متماسك .

وبالتالى ، فإن كل خلية فى الجنين المتنامى تتعرض إلى تفاوت مستويات الرسائل الكيميائية التى تنبثق منها هى ذاتها ، ومن جيرانها المختلفين ، ومن مصادر للنشاط الإيضى تكون أكثر بعدا . وهذا يفسر المبدأ الذى كان أول من قال به عالم النبات الألمانى هرمان فوتشنج (١٨٧٨) وهو أن : «وظيفة الخلية تتحدد حسب موضعها المورفولجى» . بمعنى أن «المكان» الذى يكون فيه موضع للخلية فى جسم أحد النباتات أو الحيوانات يحدد أى نوع من الخلايا ستكونه هذه الخلية .

ولنلاحظ أن تفاوت مستويات الرسائل الكيميائية المختلفة ينتج عنه «توليفات» من الرسائل هى من التفرد ، حتى إن أنواعا قليلة نسبيا من المواد تكون توليفات متعددة تمكنها من تخليق خلايا متمايزة هى بهذه الدرجة المبهرة من التنوع . والأمر المهم فى فهم هذه العملية كلها هو أن الرسائل الكيميائية قد تكون من أنواع مختلفة : فبعضها قد يصدر تعليمات للخلية بأن تنقسم ، والبعض الآخر يصدر لها تعليمات بأن تزداد حجما والبعض الآخر يصدر لها تعليمات بأن تتمايز – وفى بعض الأحيان يكون ذلك بما يصل بها إلى حد الموت – بينما نوع رابع من الرسائل قد يصدر للخلية تعليمات بأن تبقى فحسب فى حالة سكون ولا تفعل شيئا . والرسائل المهمة أقصى الأهمية هى تلك التى تنبىء الخلية بأن تنتج الهرمونات أو تطلقها هى أو مواد المرسلات العصبية أو الكيماويات الأخرى التى تقوم بنفسها بدور الرسائل للخلايا الأخرى . وهذه الآلية هى التى تخلق «حلقات التغذية المرتدة» ، وتتيح «التكامل» . وهذه هى الطريقة التى يمكن بها للعمليات المتنوعة أن يتم تكاملها فى كل متماسك .

«التغذية المرتدة» : حلقات التغذية المرتدة شرط أساسى للذكاء . وهذه الحلقات تضفى الاستقرار على «التركب» ، وتتيح للنظام أن يتفاعل مع البيئة بطريقة تدعم من «القدرة على البقاء» .

ويكفى لذلك مثل بسيط : فبرعم الطماطم ينتج هرمونات وفيتامينات معينة يتم نقلها إلى أطراف الجذر . وبدون هذه المواد لا تستطيع الجذور النمو . وعلى العكس ، ينتج الجذر هرمونات أو أحماض أمينية أخرى هى حيوية لنمو البرعم على نحو صحى . وإذا أصاب التلف أحد جزئى النبات سواء الجذر أو البرعم يكون هذا سببا فى أن الجزء الآخر «ينتظر» حتى يتم إصلاح التلف ليمكن مرة أخرى مواصلة النمو والتنامى على نحو سوى متوازن .

ونمو نبات الطماطم يعطى المثل للدور الذى تلعبه حلقات التغذية المرتدة فى الحفاظ على تنظيم وتكامل نظام مركب .

وأخيراً فإن من الأمور الحيوية بالنسبة لأى تحليل للذكاء ، وجود مفهوم نظام الطبقات فظاهرة «المعلومات» هى وظاهرة «الذكاء» كلاهما يظهر طبقات تراتب من التركب . بمعنى أن التركب ينبنى على تركب موجود من قبل . وبدون فهم ذلك – أى فهم وجود مستويات كثيرة من التركب يمكن ترتيبها فى طبقات – يصبح من المستحيل إنشاء نظرية عامة للمعلومات أو الذكاء .

## نظم الذكاء البدائى

المبادئ التى تم توصيفها فى الفقرات السابقة تشكل كوكبة من الظواهر والعمليات التي تكون الشروط اللازمة لانبثاق نظم ذكية . وقد يكون من المفيد عند هذه النقطة أن نقدم مفهوم «الكرّية» كما قدمه تيلاردي شاردان (١٩٥٦) (ص ١٩ – ٢٥) : إن التركب لا يعنى مجرد التجميع البسيط ولا تكرار الوحدات تكرارا غير محدد . فالتركب يتضمن التوليف الذى يربط معا عددا معينا محددا من العناصر من داخل كل مغلق ، له قطر محدد ، مثل إحدى الذرات أو أحد الجزيئات أو إحدى الخلايا أو نبات أو حيوان . وتيلارد دى شاردان يسمى الوحدة التى من هذا النوع بالكرية . وفى هذا تناقض مع الوحدات التى تنشأ بالتجمع والتبلور ؛ حيث التنظيم فيها يظل غير كامل : فنحن يمكننا دائما أن نضيف إليه من الخارج . وهذا الشكل من التنظيم غير الكرى ينطبق بالتساوى على البلورة الدقيقة الحجم مثلما على النجم الضخم . فلا توجد هنا وحدة متأصلة ، ولا حد للتحدد الذاتى ، وإنما يوجد فحسب «إتمام» عارض للنظام .

والتوليف ينتج عنه مجموعات تكون مكتملة بنيويا حتى وإن كانت هذه المجموعات نفسها قد تتناسخ ، وبالتالى فإنها قد تكون قابلة للامتداد إلى مالانهاية من داخلها . ويرى تيلارد دى شارادن (ص ٢٠) أن الكرية : «هى وحدة (طبيعية) حقا من ناحيتين

بمعنى أنها فى حين أنها محدودة عضويا داخل خطوط محيطها الخارجى فيما يختص بالنظر إلى وجودها هى نفسها إلا أنها عند مستويات معينة من التركيب الداخلى الأرقى ، تظهر (ظواهر مستقلة ذاتيا) على نحو حاسم» .

ورغم أن مقال تيلارد دى شاردان لا يوضح على وجه الدقة ما الذى يعينه بعبارة «مستقلة ذاتيا» ، إلا أنه يمكن افتراض أنها تشير إلى عمليات داخلية قد عزلت عن البيئة الخارجية عزلا كافيا بما يتيح لها أن تستمر فى العمل مستقلة عن هذه البيئة . بمعنى أن الحدود التى توفرها الكرية تبعد البيئة عن التحكم مباشرة فى العمليات الداخلية للكرية . ومن الممكن أن نفترض أن هذا يصدق على الإلكترونات التى تدور حول نواة الذرة (ولكن فى حدود قيودها الذرية) يمثل ما يصدق على ما يوجد داخل الخلية من تفاعلات أيضية محكومة بالإنزيمات أو على جهاز تنظيم حرارة أجسامنا الذى يحمى هذه التفاعلات الإنزيمية .

ومع استخدام مفهوم تيلارد دى شاردان عن الكرية كنقطة لانطلاقنا ، فإنه يجب أن يكون واضحا أن الوصول إلى مستويات التركب المتكامل المطلوب لإنجاز الحالة الكرية يلزم له وجود حلقات التغذية المرتدة . والتنظيم الداخلى لمثل هذه الكرية لابد أيضا وأن يكون قد خضع فيما سبق لعملية تطورية تستلزم الاستنساخ والتمايز وإعادة التوليف . وإذن ، فإن هذه هى العمليات التى يجب أن نبحث عنها فى النظم قبل الكرية حتى نجد أمثلة للذكاء البدائى .

## معدنيات الطّفل وأصل الحياة

الاستنساخ والتمايز وإعادة التوليف ، خصائص للعمليات التى تنشأ بواسطتها معدنيات الطّفل . وما يثير الاهتمام بمعدنيات الطفل هو أنه قد ظهر فى السنوات الأخيرة خط أبحاث جديد يتركز بأكمله على احتمال أن أصل الحياة فى أقدم الأطوار قد تأسس على تفاعل فيه تكافل متبادل بين بلورات الطفل والمركبات العضوية (كيرنز سميث وهارتمان ١٩٨٦) .

ويوضح هارتمان (١٩٨٦ ص ١٠ – ١٢) فى عرض لما أصبح يعرف «بفرض الطفل» أن كل أشكال الحياة المعاصرة تستلزم أولا ، أحماضا نووية هى الأساس الكيميائى للتناسخ والطفر ، وثانيا البروتينات التى تقوم بدور الوسيط فى الأيض العام للخلية . وهذا يمثل الثنائية ما بين التركيب الوراثى والمظهر ، وهذا نظام معقد تعقيدا

بالغا بما لا يمكن معه أن يكون قد نشأ كله مرة واحدة . وفوق ذلك ، فإن البحث عن نظم أبسط وأكثر بدائية ينبغى أن يذهب لما هو أبعد من الأحماض النووية والبروتينات فمن المحتمل أن البلورات غير العضوية كان لها دور رئيسى لعبته فى مثل هذه النظم قبل الحياتية (كيرنز – سميث ١٩٨٦) .

الصخور الرسوبية التى على الأرض نصفها تقريبا مصنوعة من أنواع من الطفل . وتتوافر أنواع الطفل أيضا فى أجزاء أخرى من نظامنا الشمسى ، وهى أيضا عتيقة . والطفل نتاج للتحلل والتركب معا . وتحلل الصخور بفعل الجو الذى يتضمن لا فحسب طحن الصخور إلى قطع صغيرة ، وإنما أيضا ذوبان شتى المعدنيات فى هذه الصخور وتبلورها من المحاليل فوق المشبعة . وبلورات الطفل تتركب من خلال تكثف تعددى وهى تتولد باستمرار من محاليل جد خفيفة ، إلا أنها فوق المشبعة – هى نتيجة ما يحدثه الجو من تحلل فى مواد مثل الفلسبار * ، وهذه بدورها تتولد باستمرار من خلال عمليات جيولوجية .

وأنواع الطفل بسبب ما لها من مساحة سطح هائلة هى مواد نموذجية للترشيح وللمعالجات الكروماتوجرافية وكذلك للحفز . وهذا يعنى أنها يمكنها أن تقوم بدور يماثل المكافئ البدائى للبروتينات ، فتنظم الأحداث «الأيضية» : وكمثل فإن مورتلاند (١٩٨٤) قد وصف نظاما من هذا النوع ، يتألف من سميستيت نح ٢ + والإنزيم المشارك المشهور فوسفات البريدوكسال . وهذه المادة «شبة الإنزيمية» . وقد تبين أنها تزيل الشق الأمينى من حامض الجلوتاميك –DL ومن الجلوتامين ، ولكنها لا تفعل ذلك مع مادتين على صلة بالمواد السابق ذكرها وهما حامض الأسبرتيك والأسباراجين . وكما يوضح بينافايا ومورتلاند (١٩٨٦) فإن : «إزالة الشق الأمينى من حامض الجلوتاميك ليست فى حد ذاتها بالتفاعل الذى يثير الاهتمام بوجه خاص . إلا أن هذا البحث يثبت نشاط بنية السليكات فى عمليات الحفز . ويطرح أن تفاعلات مهمة أخرى قد تكون مما هو محتمل مثل الشق الأمينى وإزالة الشق الكربوكسيلى ، وإذا كان الأمر هكذا فإن له علاقة بما يحتمل من دور تقوم به تركيبات الكاثيونات (المهبطيات) المعدنية للطفل المتحول ، فى تفاعلات الكيمياء قبل – الحياتية والتطور الكيميائى .

وتدل هذه الملاحظات هى وغيرها على أن تركيبات من المعدنيات الطفيلية – البروتينات يمكنها أن تؤدى وظائف «المظهر» للنظم البيولوجية ( لو حدث ، و «لو هنا كبيرة » لو حدث أنها نُظمت و نسقت على النحو المناسب ؛ بمعنى أنه سيكون من اللازم إضافة قدر كبير من المعلومات لجعل هذه النظم قبل – الحياتية وشبه العضوية تعمل مثل الخلايا الحية . ويمكن الإيفاء بجزء من هذه المعلومات اللازمة بواسطة إتاحة نظام حاكم من «التركيب الوراثى» . فالمطلوب هو نظام يمكن تكاثره بصورة ثابتة ، وإن كان يظهر إمكان التباين .

* سيليكات الألومنيوم (المترجم) .

قبل أن يصبح فى الإمكان تسخير جهاز وراثى يقوم معا بدور المنظم المهيمن لنظم المظهر ، وكذلك دور العمل على استمرار المعلومات التى تؤكد الحفاظ على بقاء وتكاثر مثل هذه التركيبات ، قبل هذا كله يجب أن يوجد فى المقام الأول نوع ما من ناسخ ثابت للمعلومات . وهذا يؤدى بنا إلى مفهوم «الجين العارى» الذى يعرفه ماكاى (ص ١٤٢) كنظام يحدث فيه أن «الرسالة يتم نسخها فحسب» . والجين العارى هو فى الأصل بلا حاجة لأن يكون على علاقة بأى شئ . ويبين ماكاى أيضا أنه من الوجهة الأساسية فإن نسيج أى بلورة يحوز خصائص معداد بدائى يمكن أن تسجل عليه رسالة تعسفية . وبلورات الطفل ، مثلها مثل المعداد ، بنيات توليفية بها عدد كبير من الحالات شبه المستقرة التى يمكن أن يسجل عليها عدد كبير من الرسائل التعسفية .

ونحن قد تعودنا أن الرسائل يتم نقلها بواسطة حاملى رسائل من ذوى البعد الواحد . فالكلمات على هذه الصفحة المطبوعة مصفوفة كحبات الخرز فى اتجاه واحد. ويصدق هذا أيضا على المعلومات المختزنة فوق شريط الكمبيوتر أو الموسيقى المختزنة على شريط سمعى . وهو مازال يصدق أيضا عند ضغط المعلومات أو الموسيقى فوق قرص – فالمعلومات تظل مصفوفة فى شكل خطى حتى ولو كانت عندها فى شكل ملفوف . وبالمثل ، فإن حمضى دنا ورنا هما حاملا رسائل ذوى اتجاه واحد . وكما يوضح مكاى فإن «اللغة البشرية والشفرة الوراثية كلاهما يعتمد على رسائل تكتب وتقرأ فى تتابع خطى» .

والبلورات من الناحية الأخرى يمكن أن تكون حملة رسائل ذات بعدين أو ذات ثلاث أبعاد . والبعدان يجعلان نسخ المعلومات أسهل . على أن الوصول إلى المعلومات وتحريرها سيكون أصعب ، إلا إذا تم تكسر النسيج ذى البعدين إلى صفوف وأعمدة يسهل التوصل إليها . أما نظم المعلومات الثلاثية الأبعاد فتصبح أكثر صعوبة ، إلا إذا كانت مثلها مثل الكتاب ، مصنوعة من أوراق يسهل فصلها .

وحتى نتوصل إلى الإحساس بالجينات البلورية علينا أن نتصور أرضية آجر مصنوعة من قوالب آجر صفراء وحمراء لتشكل نمطا أفقيا اعتباطيا . ولو كانت طبيعة نمو البلورة بحيث يكون ما يحدث طبيعيا هو أن القالب الأصفر وحده هو الذى يتكون فوق قالب أصفر ، والقالب الأحمر وحده فوق الأحمر ، فسيحدث عنها أن النمط ذى البعدين سيتم نسخه بأمانة فى الاتجاه الثالث (العمودى) . لنفرض الآن أن طبيعة الربط ما بين القوالب هى بحيث إنه لا يمكن أن يحدث انشقاق للبلورة ككل إلا على المستوى الأفقى ، أى فى مستوى عمودى على محور النمو . إن البلورة ما إن تتكسر حتى يمكن للنصف الاسفل أن يواصل النمو كما كان من قبل بينما النصف العلوى يمكنه أن ينمو لأسفل – وكلاهما سيعمل على استمرار النمط الأصل ، نمط الأصفر / الأحمر . (الواقع أن السطحين العلوى والسفلى لن يبدوا متماثلين ، ولكن كل منهما سيكون صورة مرآة للآخر) . وأى وجه لعدم انتظام ثابت (كأن يحل مثلا قالب أصفر

أو حتى أزرق محل قالب الآجر الأحمر) سيتم نقله بكفاءة من جيل للتالى طالما أن النمو يتم فى اتجاه واحد فحسب (العمودى) ، وطالما أن الانشقاق قد حدث بدقة محكمة بحيث لا يكون إلا فى مكان عمودى على محور النمو (أى أفقيا) . وفى نظام كهذا تكون المعلومات التى يتم نسخها ذات نمط من أبعاد ثنائية . إلا أن حامل المعلومات يكون ذا بنية غير مصقولة لها أبعاد ثلاثية ؛ حيث المعلومات المحمولة من داخله فيها إطناب كثير . ونظام كهذا لا يمكن بأى حال أن يقترب من صقل وكفاءة الكم الهائل من المعلومات التى يستمر تواصلها فى الخلايا الحية ، على أن صفة عدم الصقل فى العالم قبل - الحياتى منذ عدة آلاف من ملايين السنين ، ربما كانت آنذاك أهم من صفة الأناقة .

هكذا نظر كيريز سميث ، بخلفية مما ذكر أعلاه ، فى أمر عدد من النظم (ص ١٤٣ - ١٥٢) التى يمكن أن تمد بفئة من أشياء يمكنها أن تقوم بدور «الجينات البلورية الأصلية» . وقد تبين أن ثمة أربعة شروط عامة لها أهميتها :

١- «عدم الانتظام» ، ليوفر القدرة على إعطاء المعلومات .

٢- «النظام» لأمانة النسخ .

٣- «النمو» ، لاستنساخ المعلومات .

٤- «الانشقاق» لإكمال عملية الاستنساخ .

وقد أثار كيرنز - سميث بصفته أحد رواد «فرض الطفل» بعض أسئلة عميقة بشأن أصل الحياة ، وأعطى إجابات عميقة الفكر وتحليلات مفيدة ، مثل تلك التى ذكرت أعلاه . على أنه بالنسبة للشروط العامة الأربعة فإنه يلزم علينا أن نكون حذرين فى طريقة تفسير أولها : «فعدم الانتظام» لا يوفر المعلومات ! وجين ماكاى العارى لا يحتاج لعدم الانتظام حتى يكون له وجوده وحتى يتكاثر - وإنما يحتاج فحسب للنظام والنمو والانشقاق . ولو أثير فيه عدم الانتظام فسوف يؤدى ذلك فى الحقيقة إلى تدميره ، وكما ناقشنا الأمر فى كتاب سابق لى (ستوينر ١٩٩٠) فإن المعلومات دالة للتنظيم : المعلومات على علاقة عكسية بعدم الانتظام وبالإنتروبيا التى تقيس هذه الحالة . على أن عدم الانتظام يمكن أن يُمد بآلية لتغيير بنية النظام بما يسمح بظهور «طفرة» . وإذا لم يكن هناك أى احتمال لإدخال «تباينات» ، لن يكون هناك أى احتمال لأن يتطور النظام . وحيث إن التباينات من هذا النوع فى نظم البلورات قد تستخدم مواضع فردية خاصة ، كأن يحدث مثلا أن تحل ذرة أو مجموعة ذرات مكان الأخرى ، فقد يكون من الأفيد من ناحية التصور الذهنى أن نعيد صياغة الشرط الأول عند كيرنز - سميث ليصبح : «عدم الانتظام لتوفير الطفرات» . أى أن مصطلح «القدرة على إعطاء المعلومات» المشتق من مهندسى الاتصالات ، ينبغى أن يحل محله المصطلح الأكثر مناسبة وهو مصطلح

«الطفر» الذى يستخدمه البيولوجيون . وسيكون الأمر أيضا أكثر وضوحا لو جعلنا هذا الشرط ، الذى هو الشرط الأول من الشروط الأربعة ، يصبح الشرط الأخير منها .

خلاصة القول أنه يمكن لوحدات جزيئية صغيرة مثل حمض السيليسيك والأيونات المعدنية المهدرتة ، أن تتحدد متولفة فى طرائق كثيرة ، ويمكن أن ينشأ عنها عدد كبير من التوليفات المستقرة ، وبالتالى فإن بلورات الطفل يمكن تصنيفها كبلورات غير دورية خاصيتها الجوهرية البلورية تمد بالنظام والاستقرار معا .

وبلورات الطفل كانت وفيرة فى الأزمنة قبل الحياتية . وهى على هذا النحو يمكن أن تكون قد أدت الوظائف التى تنفذها حاليا الأحماض النووية حتى وإن كان ذلك فحسب بطريقة أقل كفاءة بكثير . وبأسلوب مماثل فإن معدنيات الطفل الأخرى سيكون فى قدرتها أن تنفذ وظائف الحفز التى تنفذها حاليا البروتينات ، وإن كان ذلك مرة أخرى بكفاءة أقل . وأشياء الجينات الطفلية هى وأشباه الإنزيمات الطفلية عندما تكونا مقرونتين بوجود مزيج من المواد العضوية فى وسط مائى ربما تكون قد مهدت المسرح لظهور نظم عديدة ذات اعتماد متبادل تصبح فى النهاية لها تركبها الذى يجتاز بها عتبة ما نطلق عليه «الحياة» . وفى كل هذه الحالات نجد أن النظم الفرعية المستقرة المتفاعلة تحافظ على استقرارها بواسطة حلقات التغذية المرتدة . وتتكامل هذه النظم الفرعية فى الوقت المناسب لتصبح نظما أكبر ، ثم لتصبح نظما فائقة ، وهذا التكامل يعتمد هو أيضا على إرساء المزيد من حلقات التغذية المرتدة .

وبهذا المنوال ، يتم انبثاق نظام «طبقى من التركب» يصل إلى حال من الديناميكا الحرارية هو على درجة من قلة الاحتمال يستحيل وصفها بمجرد أرقام فلكية . على أنه فى كل من هذه الحالات ، تظل حلقة «التغذية المرتدة» هى الأساس لاستقرار تكامل النظم الفرعية المركبة : وفى النظم الحية المعاصرة لا يمكن أن يحدث تخليق لأى حمض نووى ما لم يكن متاحا القدر المناسب والنوع المناسب من الإنزيمات البروتينية . وبالعكس ، فإنه لا يحدث أى تخليق للبروتينات مالم توجد رسائل تصدر عن الأحماض النووية . ولا يمكن وجود مستويات متقدمة من التنظيم الديناميكى بدون حلقات تغذية مرتدة .

إن التقدم من الطفل إلى الحياة على هذا الكوكب قد استلزم الخطوات التالية فيما يحتمل :

١- تكوين مدى واسع من معدنيات الطفل .

٢- تشكيل متزامن لعدد محدود من المركبات العضوية ، لعل بعضها كان مبلمرا بصورة شاملة .

٣- إنتاج مدى واسع أقصى الاتساع من مركبات عضوية ، يكون أصلا إنتاجا مغلوطا وتشمل هذه المركبات العضوية مبلمرات كبيرة من وحدات متماثلة أو متغايرة ، وذلك كنتيجة لما يتم حفزه من تفاعلات بين معدنيات الطفل والأملاح والمركبات العضوية البدائية البسيطة فى النظم المائية .

٤- الإنتاج المنظم لمواد عضوية مركبة ومبلمرة من وحدات متغايرة ، بما يشمل البروتينات والأحماض النووية والأغشية .

٥ - تشكيل عنقوديات مشتركة الأمر الذى يتم بخلط نظم مائية مع مبلمرات دهنية بما يخلق بيئات دقيقة الصغر محاطة بأغشية .

٦- انبثاق نظم ذاتية التنظيم وخلق ما يمكن اعتباره بوضوح كنظم كيميائية بدائية حياتيا .

٧- انبثاق جزئيات عضوية ذاتية الاستنساخ من خلال هذه العنقوديات المشتركة الذاتية التنظيم ، بما يمهد المسرح لظهور :

٨- أقدم أشكال الحياة العضوية .

والخطوات الأولى والثانية ، وإلى حد ما الخطوة الثالثة فيما يحتمل ، تحدث فى الداخل وعلى السطح من معظم الأجرام فى نظامنا الكوكبى ، إن لم يكن فيها كلها . وقد استنتج تشانج وبنش (١٩٨٦ ، ص ١٢٩) على أساس تحليلهما للغضروفيات الكربونية - أى النيازك التى تحوى مركبات كربونية ، وتمثل قطعا من المادة قد تخلفت من أقدم مراحل تطور النظام الشمسى - أن : «من الأمور الملحوظة تواكب وجود أنواع الطفل والأملاح المعدنية والمواد العضوية فى أقدم الأجرام فى النظام الشمسى . وإنه لأمر له مغزاه حقا أن هذه الأجرام تعطى الدليل على وجود نشاط مائى فى بيئة شبه كوكبية فى وقت جد مبكر هكذا فى النظام الشمسى» . وباستثناء «الأرض» فإن كل الأجرام الأخرى فى نظامنا الكوكبى يبدو أنها قد توقفت عند مستوى الخطوة الثانية أو الثالثة - وإن كنا مازلنا فى حاجة لاستكشاف النظام الشمسى بنهج منتظم قبل أن نستطيع استبعاد وجود المراحل المتأخرة . ويوضح تشانج وبنش أن الحالة المعدنية والكيمياء الجغرافية لبعض أقمار المشترى وزحل يمكن أن تمد بمفاتيح مهمة لتفاعل المعدنيات والمركبات العضوية فى الوضع قبل الحياتى .

أما الخطوات من ٤ إلى ٧ فإنها يتم تطويرها عندما تكون الظروف الكوكبية مناسبة بالضبط ، لتمهد هذه الخطوات المسرح لظهور أصل الحياة . وتخليق الأغشية فى الخطوتين ٤ و ٥ سينتج عنه العنقوديات المشتركة المركبة التى تقسم المادة إلى نظم مستقلة مائية (محبة الماء) وزيتية (محبة للدهن) - وهذا شرط لازم لتخليق اغشية الخلية والبنية الداخلية للخلية الحية .

ومن الواضح أنه أيا كان ما تستلزمه الخطوة ٨ ، فإن الخلايا الحية الأولى لم تصبح لها القدرة على النمو والانقسام ، إلا أنها كانت قادرة على تخمير جزئيات عضوية تشكلت على نحو «غير بيولوجى» فى بيئة تخلو عمليا خلوا كاملا من الأوكسجين (شويف ١٩٧٨) .

ولعلنا مازلنا غير واثقين فيما يتعلق بالخطوات النهائية المؤدية إلى تخليق الخلايا ، على أنه ينبغى أن يكون واضحا أن النظم المنتظمة مثل الجزئيات والبلورات التى تحوى من بادئ الأمر قدرا جوهريا من المعلومات تصبح أكثر انتظاما ، وتضع تركبا من فوق تركب ، وتزيد من كم محتوى المعلومات زيادة أكبر . وهذه الزيادة «الأسية» التى تحدث فى كم المحتوى المعلوماتى فى النظم المختلفة أثناء تطورها ، تخلق أوضاعا تراتب طبقى من التنظيم حتى يتم فى النهاية انبثاق ظاهرة الحياة ، كما ينبثق أيضا الذكاء حسب التعريف .

والذكاء ، كما سبق ذكره ، خاصية لنظم المعلومات المتقدمة . وحتى تأتى للوجود نظم معلومات متقدمة هكذا ، لابد وأن يوجد تاريخ طبيعى أساسى يسبق تشكيل هذه النظم المتقدمة . «فالذكاء يسبقه الذكاء البدائى» .

وبالإضافة ، فإن الحد الفاصل بين الاثنين يصبح مشوشا ؛ كمثل ، فإن انبثاق نظام من جزئيات ناسخة لذاتها من خلال نظام أكبر ذاتى التنظيم يمكن أن ينظر إليه على أنه «إما» ذكاء بدائى أو ذكاء أصلى . وبسبب تشوش التحديد هذا الذى تظهره نظم الحياة البدائية ، يبدو أنه من المحتمل أن الحياة قد نشأت ليس مرة واحدة ، وإنما فى أحايين متعددة .

## النباتات : نظم بيولوجية متقدمة

منذ بضع سنوات ظهر كتاب عنوانه «سر حياة النباتات» (تومكنز وبيرد ١٩٧٣) . وكان هذا الكتاب مزيجا يثير الجنون من حقائق علمية وروايات خيال علمى . ومن سوء الحظ أن الكثير جدا من الفولكلور ومن المواد المضللة كانت مضمنة فى الكتاب ، وذلك أنه من المعروف منذ زمن طويل أن النباتات تظهر مدى واسعا من التكيفات السلوكية البارعة (انظر مثلا بونروجالستون ١٩٥٢) . على أن حياة النباتات بالنسبة لمعظم علماء السلوكيات تعد حقا سرا عظيما .

ويعرّف مصطلح «السلوك» عادة بأنه ، «استجابة لعامل استثارة» . و«السلوك الغريزى» يعتبر عادة أنه يستلزم «استجابة لعامل الاستثارة تكون مبرمجة بيولوجيا» .

وحسب هذا التعريف فإن النباتات تشتغل «بسلوك غريزى» . وحتى رغم أن النباتات ينقصها وجود جهاز عصبى ، إلا أن لديها أحاسيس شتى تقوم أولا بتحليل البيئة ، ثم تستجيب لذلك بذكاء على أساس آليات شتى للاستجابة قد تمت برمجتها وراثيا.

ومشاكل الإبقاء على الحياة عند النباتات تختلف تماما عنها عند الحيوانات.إن النباتات تنتج غذاءها الخاص بها . والحاجة إلى نقل المعلومات سريعا من أحد أجزاء الجسم للآخر – وهذا شرط لازم لأداء الحركة – ليست حاجة مهمة للنباتات (فيما عدا استثناءات بسيطة مثل النبات المفترس فينوس صياد الذباب وحالات تخصص أخرى معدودة مثل نبات لاتلمّسنى) .وتبادل المعلومات بين شتى أجزاء جسم النبات يتم الكثير منه عن طريق الهرمونات ؛ أى الرسل الكيميائية . وهرمونات النباتات تستلزم لذلك زمنًا له مداه بين الدقائق والأسابيع ، وهذا بخلاف الإرسال الذى يتم بواسطة أحد الأجهزة العصبية حيث يمكن نقل المعلومات من أحد أطراف الحيوان إلى الطرف الآخر فى جزء من الثانية . وبالإضافة ، فإن هرمونات النبات لا تقدح زناد أنسجة متخصصة مثل النسيج العضلى ، وبدلا من ذلك فإن الحركة فى النباتات تستلزم زيادة فى حجم الخلايا أو فى عددها ، وهى عملية تستلزم مقياسا زمنيا يتراوح من مدة ساعات إلى سنوات .والسبب الذى يجعل النباتات جد بطيئة وثقيلة فى استجاباتها السلوكية هو عدم وجود نسيج متخصص للاستجابة السريعة مثل الأعصاب والعضلات ، وهى الأنسجة التى تتيح للحيوانات أن تشتغل فى استجابات سلوكية بسرعة غمضة العين . على أن هذا البطء ينبغى ألا يعمينا بحيث نعتقد أن النباتات لا تشتغل بالسلوك الغريزى – أى السلوك المبرمج بيولوجيا .

وسيوضح هذه النقطة أن نذكر أمثلة معدودة ، فالنباتات ذات «نزعة أرضية» بمعنى أنه مثلما تكون بعض الحيوانات مبرمجة لأن تعيش تحت الأرض (كالخلد مثلا) وبعضها الآخر فوق الشجر (الجيبون مثلا) فإن الأغلبية العظمى من النباتات قد برمجت أيضا لترسل جذورها إلى أسفل وبراعمها إلى أعلى . وتتكون كشافات الجاذبية من حبيبات دقيقة – عضيات خلوية تسمى الحصوات الموازنة – وهى موجودة فى خلايا عند أطراف الجذور وأطراف البراعم . والحصوات الموازنة هذه تنزع لأن تهبط لقاع الخلايا لتؤدى إلى إعادة توزيع هرمونات النمو بأن تؤثر فى تخليق أو نقل أو تدمير الهرمونات فى المنطقة الموضعية . وهذه الهرمونات تحدث أساسا زيادة فى طول الخلية فيما وراء الطرف مباشرة . وفى الجذور تسبب زيادة طول السطح العلوى أن ينحنى طرفها إلى أسفل . أما فى البراعم فيحدث العكس ؛ لأن توزيع الهرمونات يؤدى إلى تمدد السطح السفلى – بما يدفع الطرف النامى إلى أعلى .

والنباتات ذات «نزعة للضوء» : فالبراعم ذات نزعة إيجابية للضوء ، وبالتالى فإنها تنمو فى اتجاه الضوء ، بينما تظهر الجذور نزعة ضوئية سلبية – فهى تنمو بعيدا عن

الضوء . وكما يحدث مع «النزعة الأرضية» فإن النزعة الضوئية تعتمد على عضيات خلوية قرب الطرف تعمل كمستقبلات ضوئية وتؤثر فى توزيع هرمونات النمو ، وذلك مرة أخرى بتغيير مما يحدث موضعيا من نقل أو تخليقها أو سرعة تدميرها . وفيما يعرض ، فإن ما يحدث على المستوى الجزيئى من نقل للمواد العضوية مثل الهرمونات أو نقل للأيونات غير العضوية ، وكذلك ما يحدث أيضا من نواحى كثيرة أخرى من الفيزيولوجيا الاساسية للخلية ، هذا كله يتشابه جدا فى النباتات والحيوانات - وأحيانا فإنه يكون فى الواقع متطابقا .

هذا وقد طورت بعض النباتات أعضاء متخصصة لتسهيل الاستجابة للضوء والجاذبية . والغمد فى الحشائش عضو من هذا النوع . وتعد الحشائش من الواجهة التطورية من بين أكثر نباتات الأرض تقدما . وبذور الحشائش مثل الشوفان صغيرة الحجم نسبيا ولها إمداد محدود بمخزون الطعام . وسيكون مما يساعد فى الحفاظ على بقاء البذرة النباتية وجود أى شئ يساعد على أن يرفع برعمها سريعا لأعلى من خلال التربة متجها إلى الضوء . ومع أن البرعم فى حاجة لأن ينمو ، إلا أن وظيفته الرئيسية هى التمثيل الضوئى - وهى وظيفة محرمة على النبات وهو تحت الأرض . ويغلف البرعم النابت الصغير الضعيف فى غمد واق له القدرة على الكشف عن التركيزات المنخفضة جدا من ضوء النهار (بينما هو أعمى للأحمر) وهو حساس بما يساوى ذلك للجاذبية ، وبهذا التغليف فإن البذرة النابتة تضمن استراتيجية سلوكية مثلى لطلوع برعمها . وما إن يتم الوصول إلى ما فوق الأرض حتى تنفذ الورقة من خلال الغمد لتتوصل لأداء وظيفتها من تمثيل الضوء .

وغمد الشوفان غنى بما منح له من كشافات للجاذبية وللضوء معا ، وهو ينتج كميات كثيرة من هرمونات النمو . وقد دلل فريتز ونت لأول مرة فى الثلاثينيات ببرهان لا لبس فيه على وجود هرمونات نباتية ، وكان هذا فى الحقيقة أثناء بحثه على غمد الشوفان - وهذا نموذج كلاسيكى من البحث الذى يمكن متابعة خطه من التجريب والملاحظة وراء لمدة نصف القرن بما يصل بنا إلى تشارلز دراوين .

وتوضح لنا الحشائش استراتيجية سلوكية أخرى ، تؤدى إلى تكيفها مع البيئة التى تحوى العاشبات آكلات الحشائش : فالحشائش بدلا من أن تنمو كما تفعل معظم النباتات من أعلى لأسفل ، فإنها تنمو من أسفل لأعلى . بمعنى أن مراكز نموها (المرستيمات) تكون فى أسفل البرعم (بدلا من طرفه) ، وبالتالى فإنها تقلل ما يصيبها من ضرر من الحيوانات التى ترعاها ، أو فيما يتعلق بذلك فهى تقلل ما يصيبها من ضرر من آلات جز العشب .

وإحدى الحالات الأخرى للسلوك المبرمج بيولجيا فى النباتات هو قدرة نباتات كثيرة على الأزهار فى نفس الوقت - الربيع مثلا - وبالتالى فإنها تؤكد على كفاءتها التكاثرية

وهذا المثل يوازى السلوك الغريزى لحيوانات كثيرة ممن تنشغل بسلوك التزاوج بلاتعلم - أى أنه سلوك مبرمج بيولجيا - بحيث يحدث ذلك أثناء مواسم معينة من السنة . وفى الكثير من الأمثلة يبدو أن الآلية لذلك هى فى الواقع آلية متماثلة عند النباتات والحيوانات: فكلاهما لديهما آليات للكشف عن الموسم المناسب بأن تقيس طول دورات النهار / الليل . وثمة فترة حث من العدد الكافى من النهارات ذات الطول المناسب تؤدى إلى تغيير الحالة الهرمونية للكائن الحى . وهذه الآلية الأساسية ينتج عنها بعد هذا نخيرة واسعة من السلوكيات : فذكور السمك ذى الشوكة تظهر لها بطون حمراء ، وتبنى عشوشا وتصبح بالغة العدوانية . أما ذكور طائرة الطيهوج الأحمر الخشن فهى تحتجز مناطق من نبات الخلنج تدافع عنها بعنف ، وتدخل إناث الأيائل طور النزو ، بينما يكون رفقاؤها المحتملون من الذكور ، وقد نموا قبلها قرون كبيرة ، قد أخذوا فى ضرب أحدهم الآخر ضربا عنيفا لبعض الوقت . أما النباتات فإنها تزهر وحسب .

وإذا كان من السهل عند دراسى السلوك أن يتجاوزوا النظر إلى النباتات ، إلا أن آلية النباتات لاكتشاف الدورات الضوئية آلية حساسة أشد الحساسية : فلو حدث فى صوبة نباتات الطباق أن قام أحد حراس الليل ، وهو يتفقد موقعه بإضاءة مصباح ذى ٤٠ وات فى منتصف الليل لمدة دقائق معدودة لاغير ، فإنه سيمنع هذه النباتات من الإزهار .

وأخيرا يجب أن نؤكد على أنه فى حين أن معظم سلوك « النباتات » يعتمد على الهرمونات ، إلا أن الهرمونات تلعب أيضا دورا مهما فى سلوك الحيوانات . وعندما نرجع إلى المستوى الجزيئى ، سنجد أن أحد أهم الهرمونات فى النبات وهو هرمون حامض الخليك الأندولى ، هو كيماويا قريب قرابة وثيقة من مادة الإرسال العصبية التى تسمى السيروتونين ، وهذا فيما يحتمل ليس مجرد توافق بالصدفة . والمادتان فيما يحتمل كلاهما مختصتان بنقل أيونات مهمة عبر الأغشية .

والعالم البيولجى الدقيق الصغر لعلم مقارنة كيمياء الجزيئات المقارنة هو وعالم الإيكولوجيا الكبير الحجم ، كلاهما يعطى لنا أدلة كافية للحاجة إلى توسيع المفاهيم التقليدية عن الذكاء والسلوك لتضم «كلا» المملكتين .

## الذكاء الجماعى للكائنات الحية الدقيقة

تحليل تطور الذكاء فى النظم البيولوجية تحليلا جديرا بالاحترام يوجب منطقيا الانتقال من ذكاء النبات إلى ذكاء الحيوان ، ثم من هناك إلى الذكاء البشرى . إلا أننا

سوف لا نتبع هذا المنطق ، وسوف نهمل الذكاء الحيواني والبشري عند هذه النقطة لثلاثة أسباب : الأول ، أن الأمر قد تمت تغطيته من قبل بعض التغطية في الفصول السابقة ، وسوف نناقش المزيد عنه بعمق أكبر فيما بعد . والثاني أن هناك وعياً عاماً بالذكاء الحيواني والبشري ، وهدف هذا الكتاب هو أن يوسع تعريفنا الموجود حاليا للذكاء . والثالث ، وهذا توسيع للسبب الثاني ، أننا قد ركزنا على البلورات والنباتات لأن الإدراك المشترك عند غير المتخصصين والمتخصصين معا هو أن أيا من البلورات أو النباتات لا يمكن تصنيفها على أنها تحوز ذكاء . والحقيقة أن الفرض بأن النباتات ذكية ، وأن الصخور تظهر ومضات من السلوك الذكي ، لهو فرض يقابل عامة على أنه من الأمور المسلية ، إن لم يكن يقابل بالسخرية والعداء . وأعظم ما يمكن أن تتنازل إليه عادة (وليس دائما)الأغلبية العظمى من الأفراد الأذكياء هو أن الكائنات التي تتحرك تظهر بعض قدر من السلوك الذكي .

على أن الحركة وحدها لا يمكن أن تكون المعيار الوحيد للذكاء ؛ فالشجرة وإن كانت ثابتة تحوز ذكاءً أعظم قدرا مما تحوزه الأميبا : ذلك أن الشجرة لديها نظم للإحساس تحلل بها البيئة أزيد كثيرا مما عند الأميبا . وكما ناقشنا أعلاه ، يستطيع النبات أن يكشف عن الرطوبة ويرسل جذوره تجاهها ، ويستطيع أن يكشف عن الضوء ، ويرسل براعمه لأعلى في اتجاهه ، كما يستطيع أن يكشف عن الجاذبية ليدل براعمه إلى الاتجاه لأعلى وجذوره إلى الاتجاه لأسفل ، ويكون ذلك بمثابة أول تقدير تقريبي جيد ؛ حيث ستجد البراعم الضوء ، وستجد الجذور الرطوبة . والنباتات يمكنها الكشف عن الفصول وتفسيرها ، ثم تتصرف حسب هذه المعلومات بأن تزهر أو بأن تطرح أوراقها أو بأن تنبت أو بأن تبيت فحسب بياتا شتويا . وأهم كل شيء أن النبات الفرد يستطيع أن يتحمل نطاقا واسعا من الظروف البيئية المعاكسة أوسع كثيرا مما يستطيع أن يتحمله أي فرد من حيوانات البروتوزوا المتحركة التي تسبح فيما حولها في بركة من المياه .

على أن الأمر أكثر تعقدا من ذلك . فأي نوع محدد من البروتوزوا هو كمجموعة يحتمل أن يعيش لأطول من أي فرد من النبات ، وهذه المقولة يمكن حتى تطبيقها بثقة أعظم على أقدم الأشكال المعروفة – أي البكتريا .

وعلى العكس من الطريقة التي ينظر بها البكتريولوجيون التقليديون إلى البكتريا باعتبار أنها مستعمرات خاصة لخلايا مفردة تنمو على مستنبت الأجار في صحاف البتري – فإن البكتريا في العالم الواقعي تعيش في مجتمعات مركبة متعددة الخلايا (انظر عرض شابيرو ١٩٨٨) . وبعض هذه المجتمعات قد تتكون من مزيج من أنواع كثيرة مختلفة . وبعضها الآخر قد يتكون من نوع واحد يشكل مستعمرات مركبة . وبالمثل ، فإن الميكسوبكتريا لا توجد قط كخلايا مفردة . وحتى عندما تجبرها الظروف المعاكسة على الكمون فإن المستعمرات تشكل أكياسا متعددة الخلايا ، وعندما تفرخ تنتج مستعمرة سابقة التجهيز بها آلاف من الأفراد .

وإذ تتنامى مستعمرة البكتريا وتصبح العشيرة أكثر كثافة ، فإن خلايا البكتريا المفردة تأخذ فى الهجرة .على أنها تفعل ذلك على نحو متسق ، فتفرز ذيولا من الغرويات الخارجية للخلية لتكون علامة دالة على الطرق الرئيسية التى تهاجر عليها آلاف الخلايا ، وذلك فى نبضات إيقاعية تنسقها المستعمرة . ويحدث تمايز لجزء من المستعمرة ليشكل أكياسا ، وفى بعض الأنواع تشكل المستعمرات كيانات متقنة للإثمار الواضح . وعندما تهاجر المستعمرة تفعل ذلك كوحدة صحيحة – وأى خلية تتحرك عدة نانومترات * بعيدا عن الحرف سرعان ما ترتد لتطويها المستعمرة ثانية .

وهذه الأنشطة المتباينة هى تحت التحكم الوراثى . وقد بين أ . د . كآيزر وزملاؤه أن نوع ميكسوكوكس إكسانثوس لديه نظامان مختلفان من النظم الوراثية لتنظيم الحركة : النوع «م» (مخاطر) الذى يسمح للخلايا المفردة بأن تتحرك ، والنوع «إج» (اجتماعى) الذى ينظم حركة مجموعات من الخلايا . ويؤدى وجوب عيب (طفر) فى أى من النظامين إلى أن تصبح بنية المستعمرة شاذة . وإذا أصبح النظامان معا معيوبين فإن الخلايا لا تستطيع الانتشار على الإطلاق . وقد تم تحديد ثلاثة وعشرين عاملا وراثيا مختلفا على الأقل فى النظام «م» ، وعشرة على الأقل فى النظام «إج» . وعندما يتحد معا طافران معيوبا الحركة فى نفس صحيفة البترى فإنهما يستعيدان الحركة طالما أن النمطين الطافرين يظلان مترابطين معا ترابطا وثيقا .

وقد بين البحث على أنواع أخرى من البكتريا أن تنظيم المستعمرات فى مناطق من حلقات متحدة المركز بشكل متميز أمر يستلزم تكوين الحلقات ، ليس عند مواضع محددة على الأجار الذى تنمو عليه ، وإنما عند أوقات محدودة أثناء نمو المستعمرة . وكما يبين شابيرو فإن : «الساعات البيولوجية هى والتحكم الزمنى فى التنامى ... يشكلان معاً ملامح مهمة للكائنات الحية الراقية» .

والبكتريا كمجموعة ظلت فى الوجود لعدة آلاف من ملايين السنين ، ويبلغ من سعة انتشارها على هذا الكوكب أن بعض العلماء يشيرون إليها على أنها «الكائن الحى الكوكبى» ، وكما يعرض س . سونيا (١٩٨٨) مؤلف هذا المصطلح ، فإن أحد أسباب النجاح الشامل لهذا الشكل الميكروسكوبى من الحياة الذى يبدو غير حصين ، هو أن البكتريا قد طورت عددا من الآليات لتبادل المعلومات الوراثية ، ويتضمن ذلك استخدام الفيروسات والبلازميدات كأدوات وراثية . ويتيح هذا للبكتريا أن تتعدل سريعا حسب الفرص الأيضية الجديدة ، أو أن تتكيف للمطالب الجديدة التى تفرضها البيئة . وهذه الآليات الوراثية تمثل المكافئ البكتيرى للظاهرة التى نلاقيها فى نظم الذكاء البشرى وهى أن الرأسين أفضل من رأس واحدة .

* النانومتر : جزء من المليون من المتر (المترجم) .

وإذن ، فإن خلية البكتريا المفردة تمثل نظاما بيولوجيا على مقربة من الطرف الأسفل من طيف الذكاء ؛ إلا أن الكتلة المختلطة المجمعة للبكتريا - أى كل البكتريا هى وآلياتها للنقل الوراثى - تمثل نظاما له مستوى من الذكاء أرقى كثيرا - فهى تحوز نظاما لتحليل البيئة ثم الاستجابة بذكاء ، هو نظام على درجة من الرقى أكبر كثيرا مما عند أى خلية بكتريا واحدة منفردة . «والذكاء الجماعى» للبكتريا - أى للبكتريا عندما ينظر إليها ككائن كوكبى - يشمل إظهارا لذكاء هو أعظم بقدر له أهميته مما يظهره أى كائن واحد منفرد من الكائنات متعددة الخلايا .

وسوف نناقش ظاهرة «الذكاء الجماعى» مناقشة أعمق فى الفصلين التاليين . على أن من المهم عند هذه النقطة أن نبين أن الذكاء الجماعى للبكتريا يعطى المثل على شكل «متقدم» من الذكاء ، شكل له القدرة على «التعلم» فحامض دنا أو رنا فى البكتريا يناله التعديل حسب الخبرات التى مارستها هذه الكائنات فيما مضى ، وتصبح هذه الخبرات مدمجة فى نظام خزن المعلومات لكل كائن منها ، أى فى مادتها الوراثية . بمعنى أننا لو عرّفنا «التعلم» باللغة السيكولوجية التقليدية ، أى أنه تغير باق فى المعرفة أو السلوك ينتج عن الخبرة - فإن حامض دنا / رنا بصفته مخزن المعرفة عند الأنواع ، يناله التعديل كنتيجة للخبرة البيئية . ولو أننا وسعنا مفهوم «السلوك» ليشمل السلوك الأيضى ، سيكون من الواضح عندها أن البكتريا تسلك سلوكا مختلفا لتغير وضعها الوراثى .


**Literature Cited**

J Bonner and AW Galston (1952) Principles of plant physiology , WH Freeman, San Francisco.

AG Cairns - Smith (1986) The four crystal genes , in Clay Minerals and the Origin of Life (AG Cairns - Smith and H Hartman ed) , pp . 143 - 152 , Cambridge University Press .

AG Cairns - Smith and H Hartman (ed) (1986) Clay Minerals and the Origin of Life , Cambridge University Press .

S Chang and TE Bunch (1986) Clays and organic matter in meteorites , in Clay Minerals and the Origin of Life (AG Cairns - Smith and H Hartman ed) , pp . 116 - 129 , Cambridge University Press .

H Hartman (1986) The clay hypothesis , in Clay Minerals and the Origin of Life (AG Cairns - Smith and H Hartman ed) , pp . 10 - 12 , Cambridge University Press .

KS Kabnick and DA Peattie (1991) Giardia: a missing link between prokaryotes and eukaryotes , Amer . Sci . 79: 34 - 43 .

AS Laughon and SB Carroll (1988) Inside the homeobox , The Sciences , New Yourk Acad . Sci . March / April 1988 , pp . 42 - 49 .

AL Mackay (1986) The crystal abacus , in Clay Minerals and the Origin of Life (AG Cairns - Smith and H Hartman ed) , pp . 140 - 143 , Cambridge University Press.

L Margulis (1970) Origin of Eukaryotic Cells , Yale University Press, New Haven, Connecticut.

MM Mortland (1984) Deamination of glutamic acid by pyridoxal phosphate -$Cu^{2+}$ -ion -smectite catalysts . J . Molec . Catalysis 27: 143 - 155 .

TJ Pinnavaia and MM Mortland (1986) Aspects of clay catalysis , in Clay Minerals and the Origin of Life (AG Cairns - Smith and H Hartman ed) , pp . 131 - 135 , Cambridge University Press .

JW Schopf (1978) The evolution of the earliest cells , in Life at the Edge (JL Gould and CG Gould ed) , pp . 7 - 23 , WH Freeman, New Yourk .

JA Shapiro (1988) Bacteria as multicellular organisms, Sci. Am. 258 (6) : 62 - 69. EW
EW Sinnot (1960) Plant Morphogenesis, Mc Graw - Hill , New Yourk .

S Sonea (1988) The global organism, The Sciences, New Yourk Acad . Sci . July / Aug 1988, pp . 38 -45 .

T Stonier (1990) Information and The Internal Structure of the Universe, Springer - Verlag, London.

P Teilhard de Chardin (1956) Man's Place in Nature, Collins, London (English translation, 1966; Fontana Books, 1971) .

P Tompkins and C Bird (1973) The Secret Life of Plants, Avon Books, New Yourk.
H Vochting (1878) Uber Organbildung im PF lanzenreich, Max Cohen, Bonn.

## ٤ - تطور الذكاء الجماعى فى الحيوانات

### مقدمة

يحدث الضغط الانتخابى من أجل اكتساب تحكم أعظم فى البيئة ، ويؤدى هذا الضغط إلى توليف وإعادة توليف نظم المعلومات الموجودة هى والنظم التى تتشكل حديثا . وفى مراحل تطور الذكاء ، ما أن يتم إرساء الذكاء الحقيقى حتى تنبثق ظاهرة «الذكاء الجماعى» .

ومفهوم الذكاء الجماعى هكذا أمر مهم لفهم «الذكاء» كظاهرة . وسيكون من المستحيل إنشاء نظرية عامة عن الذكاء بدون فهم للذكاء الجماعى . وباختصار فإنه يمكن تعريف هذه الظاهرة كالتالى :

«يمكن القول بأن نظاما ما يظهر ذكاءً جماعيًا ، عندما يحدث تفاعل بين وحدتين فرعيتين «ذكيتين» أو أكثر لتشتغل فى سلوك ذكى» .

وكما سبق أن ناقشناه ، فإن أحد المعايير التى يمكن بواسطتها أن نتعرف على الذكاء ، هو السلوك الذكى . والسلوك يعرف تقليديا بأنه الاستجابة لعامل استثارة . والسلوك الذكى يستلزم استجابة تدعم قدرة النظام على البقاء أو قدرته على التكاثر . وبالتالى فإن الذكاء «الجماعى» يجب أن يظهر سلوكا ذكيا . وقد يستلزم هذا أن يحدث أن فردين من البشر سوف «يضعان رأسيهما متجاورين» ليحلا مشكلة ما تهمهما اهتماما متبادلا أو يستلزم أن مجموعة من النمل الصغير تنقل معا حشرة كبيرة ، أو أن تتشارك مراكز عصبية شتى بالمخ البشرى فى تفسير عامل استثارة خارجى .

فالذكاء «الجماعى» مثله مثل الذكاء «الفردى» يستلزم أيضا وجود طيف – ولكنه ذو بعدين «اثنين» على الأقل . والبعد الأول يتضمن «نوعية» الذكاوات المفردة للوحدات الفرعية . وهذه تتراوح ابتداءً من نظم فرعية ذات ذكاء بدائى تتحد لتشكل أبسط نماذج الذكاء البيولوجى ، ووصولا إلى أفراد البشر الذين يتحدون لخلق المجتمع البشرى والثقافة البشرية . والبعد الثانى يتضمن «عدد» الوحدات الفرعية . وهذا قد يكون كثيرا أقصى الكثرة : وكمثل فإن هذا العدد فى النظم البشرية قد يصل إلى البلايين ($10^9$) عند النظر إلى المجتمع البشرى الكوكبى ، وقد يصل إلى التريليونات ($10^{12}$) عند النظر إلى عصبونات الأفراد بالإضافة إلى الخلايا الكثيرة الأخرى من خلال الجسد اللازمة لأن تؤدى العصبونات وظيفتها أداءً سويًا .

وبالإضافة إلى البعدين الاثنين السابقين ، هناك عامل ثالث له أهميته مثلهما وهو : مدى اتساع وتعقد «النظم المتكاملة» التى تتيح للوحدات الفردية أن تتصرف ككل متماسك .

وبدون استيعاب كامل لمفهوم الذكاء الجماعى ، لن يمكننا فهم ما حدث فيما مضى من انبثاق لأشكال الذكاء الآلة الارقى ، كما لن يمكننا أن نتنبأ بمستقبل الذكاء بوجه عام ، ولا التنبؤ بمستقبل ذكاء بوجه خاص . كما أن تطور الذكاء الجماعى فى شكل تراث ثقافى هو أيضا من الأمور المهمة لفهم التاريخ البشرى - وهذا أمر سوف يناقش فى الفصل التالى .

## الذكاء الجماعى فى مجتمعات الحشرات

لعل من أسهل ما يمكن فهمه من الأمثلة التوضيحية للذكاء الجماعى هو ما نجده فى مجتمعات الحشرات ، وهذا أمر قد فصله بأوضح ما يكون نيجل فرانكز بجامعة باث (فرانكز ١٩٨٩) . وهناك آلاف من أنواع الحشرات التى تعيش فى نظم اجتماعية متقدمة كثيرا ما تتميز بسلوك تعاونى متكامل بصورة رائعة . ويدخل فى هذه الفئة الأخيرة بعض الأنواع التى تمت دراستها دراسة جيدة ؛ فأصبحت من الكلاسيكيات فى أدبيات الحشرات . وتتضمن هذه نحل العسل والنحل الطنان ، وأنواع شتى من النمل ، نمل الجيوش ، والنمل السائق ، والنمل قاطع أوراق الشجر ، والنمل ذو العبيد ، والنمل الناسج ، والأرضة زارعة الفطر . ومن أكثر هذه الحشرات إثارة مستعمرات نمل الجيوش ومالها من سلوك متكامل (تم عرض ذلك بواسطة فرانكز ١٩٨٩ ؛ وهولد ويلرو ويلسون ١٩٩٠ ؛ وشنبرلا وبييل ١٩٤٨) .

## النمل الاجتماعى

يتكون معسكر نمل الجيوش من حشرات النمل الحية ، وقد تعاونت لتشكل تجمعا مجوفا له شكل أسطوانى بدرجة أو أخرى ، وهذا هو «العش» . وقد يتدلى العش من غصن منخفض كخيوط أو شرائط من النمل ، تتماسك معا بأرجلها كالخطاطيف . واللقطة جد القريبة تطرح وكأن هناك نوعا ما من حيوان يكسوه «فراء» زاحف هو بالطبع حشرات النمل نفسها وهى تعمل بمثابة النسيج الخارجى للعش . ويتكون هذا النسيج الخارجى من الشغالات الكبيرة والمتوسطة ، بينما تتركز الصغيرة حول الملكة

فى الداخل . وبالرغم من وجود تراوحات لها قدرها فى درجة الحرارة عند أرضية الغابات الإستوائية المطيرة ، إلا أن حشرات النمل لها القدرة على تنظيم درجة الحرارة داخل العش فى حدود الاختلاف بدرجة مئوية واحدة عن الدرجة المثلى . ومن هذا العش يشن النمل غارات يومية بحثًا عن الطعام . وتستطيع مستعمرة النمل من نوع «إكيتون» الإبقاء على اتجاه ثابت كالبوصلة ؛ بحيث إنها فى كل يوم تقوم بغارتها فى اتجاه مختلف – وذلك على مسافة ٢٠٠م من العش . ويتغير اتجاه الغارة فى كل يوم ليدور حوالى ١٢٣° ، وذلك لتجنب الإغارة على نفس المناطق فى يومين متتالين . ويستمر ذلك طيلة ١٥ يوما تهاجر بعدها المستعمرة كلها إلى مكان جديد .

وهذا السلوك المذكور أعلاه يستخدم موارد الطعام الاستخدام الأمثل . وهو أيضا يرتبط ارتباطا كاملا بدورة التوالد . فالملكة التى تضع فى حياتها ما يقرب من ٦٠٠٠٠٠٠ بيضة تنهمك فى وضع البيض بأعداد هائلة بعد الهجرة مباشرة ، وذلك بمعدل ١٠٠٠٠٠ بيضة تقريبا فى أيام معدودة . وحضنة البيض هذه هى التى تفقس وتتيح لليرقات الوصول إلى مرحلة البلوغ بانتهاء دورة من ٣٥ يوما .

وبينما يحوى المخ البشرى ما يقرب من ١٠ من العصبونات ، فإن كل نملة تحوى فقط ١٠ من العصبونات فى مخها . وكل فرد فى المستعمرة التى تتكون من ٥٠٠٠٠٠ فرد يملك فحسب القليل من المعرفة أو لا يملك معرفة على الإطلاق فيما يتعلق بديناميات المستعمرة التى تشتغل بالإستراتيجيات المثلى للبحث عن الطعام ، وتنظم درجة حرارة العش فى حدود الاختلاف بدرجة واحدة عن الحرارة المثلى ، وترتب نقل فريسة حجمها أكبر كثير جدًا من حجم أى نملة مفردة . وإنما هناك نصف المليون من أفراد النمل تلتحم معا فى وحدة تتكامل سلوكيا عن طريق نظم اتصالات كيميائية وبصرية ولمسية على درجة عالية من الكفاءة .

وقد برمج ما لدى كل حشرة من ذكاء محدود ليستجيب الاستجابة الصحيحة لكل اتصال . ولنأخذ مثلا الحفاظ على درجة حرارة العش ، وهذا أمر مهم للتنامى السريع الطبيعى لليرقات الذى يحدث فى أوقات محددة تحديدا دقيقا . وكما يوضح فرانكز فإن مئات الآلاف من النمل تولد حرارة بقدر أكثر مما يكفى ، كنتيجة لنشاطها الأيضى . وإذا انخفضت درجة الحرارة الخارجية ، فإن أفراد النمل الأكثر برودة الموجودة خارج العش تهرول محتشدة للداخل تجاه المركز لتغلق فتحات التهوية وترفع درجة الحرارة . ويحدث العكس عندما ترتفع درجة الحرارة .

بل إن ما هو أكثر إثارة ، أن نراقب أفراد النمل الصغيرة وهى تنقل فريستها الحشرة الكبيرة لتعود بها إلى العش . ويفترض فرانكز أنه «يتم الوصول إلى حل فيه حنكة رائعة

من خلال استخدام خوارزم * بسيط : إذا كان هناك صنف من فريسة محمولة فى قافلة تتحرك بسرعة أقل من السرعة التقليدية للرجوع ، وأنت لا تحمل أى فريسة ، يكون عليك أن تقدم العون ، وإلا فلتستمر فى طريقك» . ولا ينضم أفراد النمل إلى فريق النقل إلا إذا كانت سرعة الفريق جد بطيئة عما يلزم ، ويتجاهل الأفراد حشرات النمل الأخرى ما دامت تسير بالسرعة المناسبة . وتتكون كل الفرق من أفراد قد انتخبوا أنفسهم . فكل نملة لها من الذكاء ما يكفى لأن تحكم بما إذا كان الفريق يحتاج إليها أم لا . وعلى النقيض فهى ليس لديها الذكاء الكافى لأن تبقى على حياتها لو حدث لها أن أصبحت منعزلة . ومن الناحية الأخرى فإن للمستعمرة القدرة على الإبقاء على حياتها وعلى التكاثر إلى مالا نهاية (بشرط ألا تجابه بكارثة إيكولوجية) .

وهذه الظاهرة خاصية تميز معظم الحشرات الاجتماعية . فبالنسبة للنمل الناسج مثلا ، نجد أن هولدوبلر و ويلسون (١٩٧٧) قد سجلا أن أفراد النمل تؤدى مالا يزيد عن خمسين فعلا سلوكيا متميزا - وأغلبها يتضمن الاتصال - إلا أن هذا يؤدى إلى خلق وحدة عمل ذات كفاءة عالية ولها قدرة عظيمة على البقاء : وقد عثر فى شرق إفريقيا فى عام ١٩٦٣ على حفرية مستعمرة ترجع إلى ما يزيد عن ١٥ مليون سنة مضت . وكما يوضح المؤلفان فإن كفاءة المستعمر يتم التوصل إليها عن طريق البرمجة الصارمة لمكونات السلوك الفردى البسيطة نسبيا ، وهذا يضمن نمطا مركبا من التعاون أثناء الأنشطة الاجتماعية ، وإن كان نمطا محدد الخطوات .

ويلخص فرانكز اتجاه تطور ذكاء الحشرة على أنه يكون كالتالى : الابتداء بوحدات فردية هى وإن كانت ذات إطار جامد إلا أنها وحدات معالجة من مرتبة راقية ، ومثال ذلك الزنابير المنفردة ، ثم وصولا إلى مجتمعات ذات أعداد كبيرة تتكون من أفراد أكثر بساطة ترتبط بأنماط للاتصال تتزايد رقيًا . ونمل الجيش يمثل ذروة هذا الاتجاه .

## الذكاء الجماعى لنحل العسل

أفراد نحل العسل أكثر حنكة وذكاءً عن أفراد نمل الجيش . وهى فيما يحتمل أفضل ما تمت دراسته من مجتمعات الحشرات ، وقد تجمعت عبر القرون ثروة من المعلومات العملية والنظرية معا ، بما فى ذلك ما تجمع مؤخرا من قدر كبير من نفاذ البصيرة فى شتى طرائق الاتصال بين النحل (جولد وجولد ١٩٨٨) .

* الخوارزم : مجموعة محددة من الإجراءات المنطقية أو الرياضية البسيطة تتبع لحل مشكلة أو مسألة فى عدد محدود من الخطوات (المترجم) .

والنحلة التى تكتشف مصدرا غنيا للطعام لها القدرة على أن توصل هذه المعلومات بلغة جد دقيقة إلى زميلاتها من الشغالات ، وذلك أساسا بالانهماك فى أداء رقصة - هى مزيج من سلسلة من الحركات التقليدية والإشارات الصوتية .

١ - والرقصة فيها جزء تؤرجح فيه النحلة الشغالة ذيلها بينما هى تتحرك أماما فى خط مستقيم . وهذا يدل على «الاتجاه» . وفى حالة النحل القزم ، يحدث الرقص على سطح أفقى وتدل الحركة للأمام على الاتجاه الذى ينبغى أن يطير فيه النحل ليجد مورد الطعام . أما فى معظم أنواع النحل الأخرى ، فنجد أن الرقصة يتم أداؤها «داخل» الخلية فى الظلام وعلى سطح «رأسى» . وها هنا يكون اتجاه الرقصة للأمام على علاقة باتجاه الشمس . ولنتصور ساعة مفترضة . فإذا كان الطعام فى اتجاه الشمس ، تتأرجح النحلة مباشرة عند الساعة ١٢ . وإذا كان الطعام على ٦٠° إلى يمين الشمس ، تتأرجح النحلة مباشرة فى اتجاه الساعة الثانية . وإذا كان الطعام إلى اليسار على زاوية قائمة مع الشمس تتأرجح النحلة إلى الساعة التاسعة . وإذا كان المصدر فى اتجاه عكسى بالضبط مع اتجاه الشمس ، ترقص النحلة الرائدة مباشرة تجاه الساعة السادسة ... إلخ .

٢ - تبين النحلة الرائدة مدى بعد المصدر . فالرقصة المتأرجحة فيها عنصران ؛ فكما وصفنا فى التو يتضمن الجزء الأول التحرك فى خط مستقيم . والجزء الثانى يتضمن العودة إلى نقطة الأصل ، وذلك بالحركة فى نصف دائرة . وهذا الجزء من الرقصة للعودة يتناوب فيه الاتجاه بين اليسار واليمين ، وبالتالى فإنه يخلق سلسلة من أشكال رقم 8 المسطحة . وبتغيير إيقاع الرقصة كلها ، تدل على مسافة البعد من المصدر . فإذا كان المصدر قريبا من الخلية - وما هو «قريب» للنحلة يختلف من نوع للآخر - فإن شكل رقم 8 يتعدل بشدة بحيث يقارب دائرة واحدة - وهذا هو ما يسمى بالرقصة «الدائرية» ؛ حيث يبدو أن النحلة تلف جيئة وذهابا بطول دائرة . وأثناء الرقصة المستقيمة المتأرجحة ، تذبذب النحلة أيضا من أجنحتها لينتج عنها صوت ، ومدة بقاء الصوت المنبعث أثناء الحركة المستقيمة فى الرقص تنبئ بالمسافة (انظر عرض وينر ١٩٦٤) .

يتم توصيل معلومة مدى «كثافة» مصدر الطعام عن طريق مدى عنف الرقصة : فكلما كان المصدر أغنى ، أصبحت الرقصة أشد حيوية وأطول - بما يثير أفراد النحل الأخرى إثارة أكبر . وهذه الحيوية تتضمن فى جزء منها الصوت . فثمة علاقة ارتباط بين معدل إصدار النبضات وقوة تركيز السكر فى مصدر الطعام المتوفر .

وإذا كان هناك نباتات عديدة مزهرة فى نفس الوقت ، فإن النباتات التى تمد بأغنى مصادر الطعام والمفضلة أكثر من غيرها ، تسبب أكثر الرقصات عنفا - بما يستثير

أكبر عدد من الشغالات لتطير إلى هناك لجمع الطعام . وعند عودة أول جيل من المجندين فإنه ينهمك أيضا فى الرقص بما يؤدى أيضا إلى أن يذهب المزيد من أفراد النحل للحصول على الطعام من المصدر الجديد . وفى النهاية عندما يأخذ المورد فى الجفاف ، تزداد الرقصات بطأً أو تتوقف وتتبع الشغالات من النحل الإشارات المنافسة الأخرى التى تعد بمحصول أحسن .

والنحل يتوارث نظم الاتصال هذه ، فالنحل صغير السن الذى يربى فى عزلة يكون لأفراده القدرة على أداء الرقصة المتأرجحة ونقل المعلومات الأخرى المتعلقة بذلك بدون أن يكون قد تعلم قط فعل ذلك بمراقبة شغالات النحل البالغة . وبالإضافة ، فإن هناك لهجات عند النحل . وكمثل ، من الممكن أن نحصل على خلية مختلطة من نحل نمساوى وإيطالى يعيش أفرادها معاً فى انسجام كامل . على أن ثمة مشكلة هنا ؛ فالنحل الإيطالى – أبيس ملليفيرا – عنده رقصة هى وسط بين الرقصة «الدائرية» (لمصادر الطعام القريبة) والرقصة «المستقيمة المتأرجحة» . أما النحلة النمساوية أبيس ملليفيرا كارنيكا – فلها إدراك مختلف للمسافة ، وهذا يسبب للنحل أن تختلط عليه الإشارات . فالنحلة النمساوية التى تستثيرها الرقصة المتأرجحة الإيطالية سوف تطير إلى مسافة أبعد من اللازم ؛ لأنه مثلا عند مسافة مائتى قدم ستظل النحلة النمساوية تشتغل برقصة دائرية ، بينما النحلة الإيطالية تستخدم الرقصة المتأرجحة المباشرة .

وفيما يعرض ، من المهم أن ندرك أنه رغم أن رقص النحل يمثل للبشر أحد أكثر الجوانب إثارة لتوصيل حشرات النحل للمعلومات إحداها للأخرى ، إلا أنه قد تم التعرف أيضا على عدد من النظم الأخرى (كما عرض ذلك جولد وجولد ١٩٨٨) . وبالمثل ، فإن النحلة عند عودتها للخلية تحمل معها كلا من رائحة الزهرة ورائحة الموضع العام ، وأى رائحة منهما ستعطى مفاتيح السر لمن يحتمل تجنيده فى هذا العمل . ويفعل ذلك أيضا الرحيق الذى يتقيؤه النحل الذى حصل على الطعام . والنحل أيضا يضع العلامات على الأماكن بواسطة فيرومون ناسينوف ، وهذه رائحة تعمل كعنصر جذب قوى للنحل الباحث عن الطعام .

وبالتالى ، فإن التكامل بين الكائنات فى خلية النحل يتم التوصل إليه بربط الأعضاء الأفراد من خلال نظم اتصال تتضمن الرؤية والصوت والرائحة والطعم ، كما تتضمن أيضا عددا من تفاعلات أخرى علاماتية ، لم يتم توصيفها هنا .

إن فهم النحل يتطلب فهم «خلية النحل» ؛ بمعنى أن من الأسهل أن نفهم السلوك الذكى للنحل بأن ننظر إلى «خلية النحل» كنوع من كائن أعلى ، وأن ننظر إلى أفراد النحل على أنها فحسب خلايا مفردة .

وهذه الفكرة ، حيث ننظر إلى مستعمرة الحشرات الاجتماعية على أنها «كائن أعلى» قد طرحها لأول مرة ويليام مورتون هويلر فى ١٩٢٨ ، ثم نظر فيها بعد ذلك

العميد الحالى لعلماء سلوك الحشرات إدوارد أ. ويلسون (١٩٧٨) ، كما أنها عرضت فى وقت أحدث بواسطة سيلى (١٩٨٩) . ومفهوم هذه الفكرة أمر مهم لإدراك مفهوم آخر وثيق الصلة بذلك ، وهو مفهوم الذكاء الجماعى ، وقد صاغ هويلر هذا المصطلح ليدل على مجتمعات الحشرات التى تنظم فى وحدات ذات تكامل راقٍ لها ملامح فيها مماثلة للعمليات الفيزولوجية التى تحدث داخل كائنات حية فردية . ويصف سيلى مجموعة من الأفراد على أنها كائن أعلى عندما يحدث أن «يشكل أفراد هذه الكائنات وحدة متعاونة من أجل تكاثر جيناتها» . تماما مثلما تصف مجموعة من الخلايا على أنها كائن حى عندما تشكل هذه الخلايا على أنها كائن حى عندما تشكل هذه الخلايا وحدة متعاونة لتكاثر جيناتها وفى مجتمعات الحشرات الأكثر بدائية ، ينهمك الأفراد فى صراع شديد من داخل المجموعة وهم يتنافسون فى سبيل «النجاح التكاثرى» — من سيضع البيض الذى سيفقس من أجل تكاثر الفرد ؟ وعلى النقيض ، فإن الأعضاء الأفراد الذين يكونون جزءًا من كائن أعلى ، نادرا ما يحدث أن ينهمكوا فى صراع من داخل المجموعة ، إن كان هذا يحدث قط . فالانسجام يكمن فى الأساس من خلية النحل — والطعام والعون ينسابان بلا قيد بين الأعضاء بطرائق تعزز النجاح الاقتصادى للمستعمرة ككل . فالكل يمثل آلة بيولوچية متكاملة تعزز نجاح جينات المستعمرة — إلا أن علينا أن نبقى فى ذهننا أن ذكور النحل أى آباء الشغالات ، هم ذوى خلايا أحادية المجموعة ، فهم ينتجون خلايا منوية ذات طاقم وراثى متطابق . وبالتالى فإن الشغالات هى وشقيقاتها الملكات فى المستقبل كلها يتم استنسالها ؛ فتكون من الناحية الوراثية متماثلة جدا.

خلية النحل — إذن — توازى الجسد البشرى الذى يعزز هو أيضا من نجاح جيناته — على أننا يجب أن نبقى فى ذهننا الخلية الجرثومية التى ينشأ عنها بويضة أو حيوان منوى لها طاقم وراثى «متطابق» (وليس مجرد متماثل) مع كل الخلايا الأخرى للجسد البشرى .

وأى خلية نحل يوجد فيها فى الوقت نفسه مستويات من التنظيم البيولوچى — مستوى الكائن ومستوى الكائن الأعلى . ويتكامل المستوى الأول بحيث يخلق المستوى الثانى ، والأمر الذى يؤدى إلى ذلك هو وجود شبكة جد مركبة تسهل مالاحصر له من التفاعلات المعلوماتية . وليس هناك تحكم مركزى . على أن النحل تكون فى اتصال مستمر إحداها مع الآخر — فالخلية مليئة بنحل يربت ويئز ويرقص ويخبط ويشد جاهدا ويصطدم ، ويهتز ويتأرجح وينفث ، ويبعث الروائح ، وما إلى ذلك ، بحيث نشأ عن هذا تعبير «نشاط خلية النحل» . وبالإضافة إلى ما يحدث من تبادل مباشر للمعلومات بين الأفراد أو بين مجموعات النحل هناك إشارات للعمل تمد بها البيئة . وكمثل ، إذا أصبحت الخلية حارة أكثر من اللازم ، فإن هذه إشارة لبدء عملية المروحة — واذا كانت

الخلية أبرد مما يلزم تدل هذه الإشارة إلى الحاجة إلى زيادة الحرارة الأيضية عن طرق انقباض عضلات الأجنحة بمقياس متساوٍ . وبالتالى ، فإن أفراد النحل تظهر ذكاءً جماعيا فى تحليل بيئتها والاستجابة لها جماعيا .

وكما هو الحال مع النمل الجيش ، فإن عددا قليلا نسبيا – ربما فقط مئات معدودة أو آلاف عديدة فيما يحتمل – من خوارزمات بسيطة نسبياً مبرمجة فى مخ النحل الصغير ، كافياً لسلوك الكائنات المفردة الذى يبدو معقدا ، ويكون كافيا لما يوجد من البراعة والذخيرة الواسعة فى الاتجابات التكيفية التى يظهرها الكائن الأعلى .

وخلية النحل ، مثلها مثل معسكر نمل الجيش ، نموذج أساسى للذكاء الجماعى يثبت نقطتين :

١- أن السلوك الجماعى قد يكون له أساس وراثى .

٢- أن الأشكال الراقية من الذكاء تنشأ من التفاعل المتزامن بين وحدات الذكاء الأبسط .

وإنشاء الظاهرة الأكثر تركبا من ظواهرأ بسط هو أمر أساسى لفهم أى نظام مركب فى أى دائرة من دوائر المعرفة . وهو أيضا ظاهرة شاملة فى تطور الذكاء ، ويتكرر وقوعها عند كل مستويات طيف الذكاء – الأمر الذى سننظر فيه بعمق أكبر فيما بعد .

وكمثل فإن أفراد الشمبانزى التى تقترب أمخاخها اقترابا وثيقا من أمخاخنا وتبتعد أقصى البعد عن مخ النحلة و تحل نفس مشاكل العثور على مصدر للطعام وتوصيل ذلك إلى الأفراد الأخرين فى فريقها . على أن نظم الاتصالات عند القردة العليا ليست مقصورة على مجموعة محدودة من الإشارات المبرمجة وراثيا . وبدلا من ذلك فإنها تطور مدى واسعا من الإشارات – فتتعلم بالمحاكاة والتجريب والابتكار كلها معا – وتستخدم هذه الأشارات للاتصال برفاقها فى النوع ذإته . وبالمثل ، فان فهم القردة العليا عند الطرف المتلقى للاتصال لا يقتصر على خوارزمات معدودة ذات قالب نمطى . وبدلا من ذلك فإنها لا تعتنى فحسب بإشارات المرسل ، وإنما تقيم أيضا سياق الموقف فى هذه الرسائل – بما يشمل الإمكان بإن هذه الرسائل قد تتضمن خداعا متعمدا ، الأمر الذى ناقشناه فى الفصل الثانى .

## الذكاء الجماعي للدرافيل

كل من شاهد عرضا للدرافيل حيث يسبح اثنان منهما أو أكثر و تنهمك باتساق في أداء شتى المناورات ، سوف يدرك أن هذه الحيوانات تستمتع بأن تعمل معا في فريق . أما ما لا يبدو ظاهرا من مثل هذه المجموعة من المشاهدات فهو إمكان أن يكون التماسك الاجتماعي في الدرافيل أعظم كثيرا من ذلك الذي يمارسه البشر .

سوف ندرس الذكاء البشري الجماعي في الفصل التالي . على أنه مما يستحق الذكر أنه من بين كل أنواع الرئيسيات نجد أن البشر هم أكثرها تكاملا اجتماعيا . وكمثل ، من الصعب أن نتصور كتيبة من أفراد الشمبانزي تسير في نظام متسق ، وتطيع بصرامة أوامر صف الضابط المعلم – والكتيبة كلها تعمل وكأنها كفرد واحد من القردة العليا . ولعل المناورات العسكرية على أرض الاستعراض تمثل أقصى حدود التماسك الاجتماعي للبشر ، على أن ثمة جوانب أخرى ؛ فالوعي الذاتي الفردي يكون طبيعا متشابكا أشد التشابك مع الهوية الجماعية . والجندي قد يدمج ذاته هو نفسه مع فرقته ، أو ربما فحسب مع رجال جماعته في الجيش ، وفي المعركة قد تكون روح الجماعة كما في شعار الواحد للكل والكل للواحد ، مما يدعم إلى حد عظيم احتمالات الحفاظ على بقاء الأفراد والمجموعة معا حتى وإن كان ذلك يستلزم أن يخاطر المرء بحياته هو نفسه في سبيل المجموعة . وهذا الموقف هو خاصية متميزة للوحدات ذات الروح المعنوية العالية ، الأمر الذي يقدره القواد العسكريون تقديرا عظيما .

وروح الزمالة بين الجنود في الجبهة هي وتماسكهم يظهران أيضا عند غيرهم من الأفراد الذين يعملون معا في ظروف خطرة – كما مثلا بين عمال المناجم أو الصيادين. وثمة مدى من هذه الولاءات للجماعة موجود عند كل البشر . وقد يمتد ذلك ابتداء مما يحدث فحسب بين أعضاء العائلة المباشرة ، ثم وصولا إلى دول الأمة الكبيرة ، بل وإلى الإحساس الكوكبي بالبشرية . وعلى كل ، فنحن جميعا ننزع إلى أن نربط هويتنا الذاتية مع جماعة أو أخرى . فنحن قد نعتبر أننا أوربيون أو آسيويون أو أمريكيون شماليون ، ونحن قد ننظر إلى أنفسنا على أننا من أهل نيويورك أو كاليفورنيا أو لندن أو لانكستر أوبرلين أو بافاريا ، أو أننا ندمج ذاتنا مع قبيلة بعينها أو عشيرة أو عائلة أو جماعة عمل – ونحن جميعا ، مهما كنا حاذقين ، ننزع إلى التفكير في أنفسنا بلغة من مجموعة ما .

ونحن قد قصد لنا أن نكون هكذا . ونجاح الجنس البشري بالمقارنة مع الرئيسيات الأخرى ، يعتمد في جزء منه على الأقل ، على حقيقة أننا أصبحنا أكثر الرئيسيات تعاونا – أي أكثرها تماسكا اجتماعيا . ووعينا بذاتنا متشابك مع هويتنا الجماعية .

أمـا بالنسـبـة للدرافـيل ، فـإن من المحـتـمل أنهـا حـتى تفـوقنا فى ذلك . ويوضح جريسون (١٩٨٦) وهو يحلل إدراك وذكاء الدرافيل (ص ١٦٣) أن «رغم أنه ربما يوجد عند الدرافيل شيء ما مماثل للذات كما نعرفها ، إلا أن التعبير عنها يختلف فيما يحتمل عن تعبيرنا ، ويواصل جريسون محاجته قائلا : «عندما تكون معرفة العالم الخارجي مؤسسة على تحديد الموقع بالصدى ، فإن المعطيات الحسية ... وفي نوع له مخ كبير الحجم قد تولد ذاتا تكون غير عادية على وجه الخصوص . والمعلومات المستقاة من تحديد الموضع بالصدى يمكن أن يتم الإحساس بها في نفس الوقت بواسطة أفراد عديدين ، و ... العوالم الإدراكية (لمجموعة) من الدرافيل ... يمكن أحيانا أن تتشارك في خبرة فورية (بالذات) في عالمها الإدراكي »، . وبكلمات أخرى ، فإن إدراك الدرفيل «بالذات» قد يكون في بعض الأوقات إدراكا بذات جماعية بدلا من ذات فردية ، وجريسون يستخدم مصطلح «الذات الجموعية الموسعة» ، للتأكيد على أن هذا يكون «بالإضافة» إلى الذات الفردية التي تتميز إلى جانب أشياء أخرى «بنداءات الإشارة» الصوتية التي تنبعث من الدرافيل كأفراد .

والذات الجموعية الموسعة هذه ، تماثل وحدة الجيش التي دربت تدريبا جيدا ، فهي أداة ذات كفاءة قصوى لتنفيذ الهجوم الجماعي - كما يحدث مثلا ضد القروش الكبيرة . والدرافيل بهذا المنوال تضرب مثلا آخر للظروف البيئية التي تحابي التفاعل الوثيق للوحدات الفرعية الذكية وقد اتحدت لخلق ذكاء جماعي .

## الذكاء الاجتماعي مقابل الذكاء الجماعي

النقاش المذكور أعلاه عن الذكاء الجماعي للدرافيل قد قصد به أن يوضح نقطتين : الأولى أنه يوجد بين الثدييات لا رئيسيات ذكاؤها الجماعي من الرقي بما يماثل على الأقل ما يوجد في الرئيسيات الراقية بما فيها البشر ، إن لم يكن يفقها . والثانية هي أننا مع التأكيد على بحث جريسون وغيره من الباحثين والذي يدل على أن الدرافيل قد تشارك في حس أصيل بالذات الجماعية فإننا نتوصل الى ان نميز بين «الذكاء الاجتماعي» و «الذكاء الجماعي» .

فالذكاء الاجتماعي شكل متقدم من الذكاء يتيح للحيوان الذي يكون هو نفسه قادرا على أداء ذخيرة من أنماط سلوكية مركبة ومنوعة - يتيح له أن يحلل الاستجابات السلوكية الممكنة للأعضاء الآخرين في الجماعة ، وأن يستجيب لها الاستجابة الصحيحة (الذكية) . ولعل خلاصة الذكاء الاجتماعي اللابشري تتجلى فيما سبق

توصيفه فى الفصل الثانى – أى فى الخداع الذى تمارسه القرود المنهمكة فى سلوك تزاوج غير شرعى ، أو أفراد الشمبانزى التى تحاول التغطية على أنها قد عثرت على مصدر طعام مرغوب . والذكاء الاجتماعى يظهره أفراد يتغلبون على المشاكل فى بيئتهم الاجتماعية .

أما «الذكاء الجماعى» فهو أيضا شكل متقدم من الذكاء . وقد يثبت بالنسبة للثدييات أن الدرافيل تمثل خلاصته . والذكاء الجماعى يستلزم ذكاءً جموعيا ، حيث يحجب الأفراد هويتهم الذاتية أثناء عمل المجموعة فى التغلب على المشاكل ني البيئة الاجتماعية والبيولوجية والفيزيقية .

ولنلاحظ أن نمل الجيش الذى ناقشنا أمره فيما سبق ينقصه الذكاء الاجتماعى الراقى الموجود عند الثدييات العليا . فالحشرات الاجتماعية مبرمجة وراثيا لتستجيب لإشارات ، من رفيقاتها فى النوع . والبرهان على أن هذا النظام يتضمن ذكاءً «اجتماعيا» من نوع منخفض يمكن استقاؤه من المشاهدات العديدة على طفيليات النمل التى تعيش فى مستعمرات النمل (الأمر الذى عرضه هولدوبر ١٩٨٩) . وثمة مدى واسع من المفصليات التى تتخذ موطنها داخل عشوش النمل . وفى بعض الحالات مثلا ، نجد أن هناك خنافس معينة متجولة لا تكتفى بأن تأكل الطعام المخصص للنمل ، و إنما تأكل أيضا اليرقات . والذكاء الاجتماعى المنخفض عند النمل يتيح لهؤلاء المتطفلين أن يستغفلوا النمل بالكامل . وكمثل فإن السلوك المتسول من جانب الخنفساء يجعل إحدى حشرات النمل تتقيأ لها قطرات من الطعام . وهذه الطفيليات لديها بالطبع القدرة على أن تحاكى سلوك النمل العائل لها ، بل إنها أيضا لديها القدرة على محاكاة الإشارات الكيميائية (الفيرومونات) ذات الاهمية الحيوية للتكامل الاجتماعى فى العش .

وثمة مثل آخر يوضح الذكاء الاجتماعى المنخفض للحشرات الاجتماعية ، وهو مثل موجود فى خلايا النحل المختلطة : فالنحل الإيطالى والنمساوى اللذان يشاركان فى نفس الخلية يربك إحدهما الآخر لأنهما قد برمجا على استجابة مختلفة لنفس الإشارات. والحشرات الاجتماعية ، بخلاف الثدييات الاجتماعية ليست فى حاجة لأن تفهم سلوك رفيقاتها فى النوع حتى تشتغل بالسلوك الصحيح . ومن الناحية الأخرى ، فإنه لا يمكن أن نجد بين الحيوانات الأرقى أى شىء يقارب التكامل الكلى للسلوك الفردى كما يظهره معسكر نمل الجيش أو خلية النحل .

وإذن ، فإن الحشرات الاجتماعية ذات مرتبة منخفضة فى الذكاء الاجتماعى ، بينما تعلو علوا بالغا فى الذكاء الجماعى . أما الثدييات الاجتماعية ذات المخ كبير الحجم ، فهى من الناحية الأخرى راقية جدا فى الذكاء الاجتماعى . ومازال علينا أن نكتشف مدى اتساع ذكائها الاجتماعى ، وهو ذكاء يتأسس فى المقام الأول على تبادل الفهم والتقمص العاطفى بدلا من البرمجة الوراثية .

# أصل المجتمعات

ثمة مقدمات للمجتمعات الحيوانية المتقدمة يمكن العثور عليها عند البدايات الأولى من سلم تطور الحياة : فالكائنات وحيدة الخلية كثيرا ما تتجمع بطريقة توازى التنظيم الاجتماعى للحيوانات الأرقى . بمعنى ، أن كل خلية مفردة تظل كفرد ، ويبدو أنها تعمل كفرد ، إلا أن مجموعة الخلايا قد تتحد فى وحدة اجتماعية متماسكة .

ومن أروع الحالات حالة طحالب الدياتوم * ذات المستعمرات (وقد عرضها بونر ١٩٨٠) . وهذه الطحالب عبارة عن خلايا ميكروسكوبية متحركة تنتقل سريعا داخل أنبوبية متفرعة تتكون من المادة التى من خارج الخلية ، والتى تفرزها طحالب الدياتون نفسها . وهذه الأنابيب المتفرعة إذ تتعلق كالمخطاف بإحدى الصخور أو بطبقة سفلية أخرى ، فإنها تبدو وكأنها عشب بحرى يتفرع برقة ، وعرضها قد يصل إلى سنتيمترات عديدة . ومن الأمثلة الأخرى التى ثبت أمرها جيدا تلك التى تتضمن البكتريا الاجتماعية . وهذه مثلها مثل الحشرات الاجتماعية فيها طوائف تمايز للخلايا الفردية اثناء طورها التكاثرى . والخلايا المفردة من داخل كيان خصب قد تتمايز إلى بزيرة تكاثرية أو إلى خلايا دعم غير تكاثرية . وهذه البكتريا الاجتماعية تشتغل أيضا بنظام تغذية تعاونى . فهى تفرز جماعيا كميات كبيرة من الإنزيمات لهضم الفريسة التى لا يمكن للأفراد فيما يحتمل أن تهاجمها فرديا .

وعند إحدى الدرجات الأعلى فى سلم التطور سنجد الفطر الغروى . وهناك أشكال كثيرة منه تمر من خلال دورة ؛ حيث يتناوبها التغير بين خلايا متحركة تتغذى على نحو فردى وبين تجمعات للخلايا تسمى «الرغويات» وهى تمثل «خلية» واحدة عملاقة متعددة النوى . وهذه بدورها قد تنشطر لتتمايز إلى كيان خصيب جد مركب يتكون من عدد هائل من الخلايا . وهذا الكيان الخصب ككل له القدرة على الهجرة كوحدة ، وهى وحدة تتكون من قدم وساق ورأس يحوى الخلايا التى تمايزت إلى بزيرات تكاثرية . ونحن هنا نرى مرة أخرى نوعا من نظام طائفى يذكرنا بالحشرات الاجتماعية .

وثمة مجموعة أخرى من البكتريا المختلفة عن تلك أقصى الاختلاف ، وهى السيانوبكتريا (التى كانت فيما سبق تصنف على أنها طحالب زرقاء - خضراء) ، وهى تتضمن نوعا تحوى مستعمراته خلايا راقية التمايز . والسيانوبكتريا تمثل مجموعة قديمة جدا من البكتريا . وهى تحوز معا القدرة على التمثيل الضوئى وعلى تثبيت

---

* طحلب نهرى او بحرى احادى الخلية وحجمه يكروسكوبى وجدرانه مشبعة بالسليكا . (المترجم) .

النيتروجين . والقدرة الأولى تكيفت مع الظروف التى كان فيها الغلاف الجوى للأرض لا يحوى إلا نصف الكمية التى لدينا حاليا من الأوكسجين . والقدرة على تثبيت النيتروجين تكيفت مع زمان هو حتى أقدم من ذلك عندما كان الغلاف الجوى للأرض لا يحوى واقعيا أى أوكسجين على الإطلاق . والاشتغال بتثبيت النيتروجين يستلزم استبعاد كل الأوكسجين لأن الأوكسجين يسمم هذا النظام . وللتوصل إلى ذلك تتكون خلايا متخصصة ذات جدرات سميكة مغلفة بمادة هلامية تعزل الخلية عن الأوكسجين ، بينما نجد فى نفس الوقت أن أيض الخلية مصمم بحيث يتصيد أى جزئيات أوكسجين تتوصل إلى النفاذ فيتوقف نشاطها . وبالتالى ، فإن مستعمرات السيانوبكتريا مصممة لتظل باقية فى بيئة لا عضوية بالكامل ؛ حيث تقوم معظم الخلايا باختزال ثانى أوكسيد الكربون إلى مركبات كربونية عضوية بواسطة التمثيل الضوئى ، بينما ثمة خلايا أخرى قليلة قد تخصصت فى اختزال النيتروجين الجوى . وكلا النوعين من الخلايا يمثل أنظمة ذكية . وهما معا يؤلفان ذكاءً جماعيا بلغت به قوته أنه ظل باقيا طيلة بليون سنة على الأقل ، وربما طيلة بليونين أو ثلاثة بلايين من الأعوام . ويتم تثبيت الترابط بين هذين النوعين من الخلايا بواسطة حلقات بيوكيميائية بسيطة من التغذية المرتدة . فالخلايا التى تمثل الضوء لا يمكنها أن تنمو بدون الأحماض الأمينية وغير ذلك من المركبات النيتروجينية المختزلة التى تمد بها خلايا تثبيت النيتروجين . والخلايا الأخيرة لا يمكنها تثبيت النيتروجين إذا لم يتم إمدادها بمنتجات التمثيل الضوئى ، وذلك لإمدادها معا بالطاقة التى تحتاجها وبهياكل الكربون المختزل التى يكتمل اكتساءها باللحم بالنيتروجين المختزل .

والمفتاح اللازم لاستقرار الترابط ما بين وحدتين فرعيتين ذكيتين أو أكثر لتصبح ذكاءً جماعيا فعالا هو خلق «اعتماد متبادل» بين الوحدات الفرعية . وهذا الاعتماد المتبادل يستلزم حلقات تغذية مرتدة . وكلما زاد تركب الوحدات الفرعية ، زادت إمكانية وجود حلقات تغذية مرتدة أكثر عدداً وتنوعاً – وبالتالى زادت الاحتمالات لارتباطات أكثر تركبًا . والبكتريا تتكون من خلايا تنقصها النوى والعضيات الأخرى للخلية ، وتصنف البكتريا بأنها ذات «نواة كاذبة» ، وهذا يتناقض مع الخلايا الحديثة «ذات النواة الحقيقية» التى انبثقت منذ ما يقل عن بليون سنة . والفارق بين هذين الشكلين من الحياة هو أعمق كثيرا عن الفارق بين النباتات والحيوانات . ومن الظاهر أن الخلايا ذات النواة الحقيقية هى وحدها التى تحوز التركب المطلوب للتطور إلى كائنات متعددة الخلايا .

والكائنات متعددة الخلايا تمثل النتاج التطورى للخلايا الفردية المتكاملة وراثيا ، والتى تحوى المعلومات الوراثية من أجل أن تتمايز إلى أنواع شتى من أنماط الخلايا . وفى حالة الفطر الغروى السابق وصفه أعلاه ، نجد أن أيا من الخلايا وكل الخلايا لديها القدرة على التمايز إلى قدم أو ساق أو خلايا تكاثرية – وتتحدد طبيعة التمايز حسب الموضع الذى تجد الخلية نفسها فيه . ولا تحدث هذه العملية من التكامل والتمايز

فى الفطر الغروى إلا خلال جزء صغير نسبيا من دورة حياة هذا الكائن – أما معظم دورة حياته فيلزم فيها أن تقوم الخلايا «الفردية» بالبحث عن الطعام لنفسها . وعند الطرف الأقصى الآخر نجد الكائنات متعددة الخلايا مثل البشر ، حيث تستلزم دورة حياتهم جزءا صغيرا جدا فحسب تنفقه ككائن وحيد الخلية ، و هو البويضة المخصبة قبل أن تبدأ فى الانقسام لتصبح جنينا متعدد الخلايا * .

وعلى أى حال فإن الجسد البشرى بما فيه من درجة راقية من التكامل والتركب لا يزيد عن ان يكون مجرد وحدة متكاملة وراثيا مصنوعة من وحدات فرعية مستقلة بالإمكان . وباستثناء بعض الخلايا التى تشكل الجهاز العصبى البالغ والخلايا التى يستلزم تمايزها فقدان مكونات خلوية حيوية – مثل خلايا الدم الحمراء البالغة التى تفقد نواتها – فإن كل الخلايا الأخرى يمكن تزريعها كخلايا فردية فى مزارع الأنسجة التى تستنبت معمليا ، أو يمكن تحويلها داخل الجسد إلى وحدات فردية غير محكومة هى الخلايا السرطانية . إلا أنه فى الأحوال الطبيعية تكون البويضة المخصبة مبرمجة وراثيا لتنقسم انقساما متكررا حتى تنتج ترليونات كثيرة من الخلايا التى تكون الجسم البالغ . وفى نفس الوقت ، نجد أن البرنامج الوراثى يجعل الخلايا تنشط أو توقف تشغيل النظم الأيضية التى تؤدى إلى تمايز الخلايا إلى الدم والعظم والكبد والجلد والأعصاب ... الخ ، وقد صاغ عالم النبات الالمانى فوتشينج فى منتصف القرن التاسع عشر القول المأثور الذى يذكر فيه ان : «مصير احدى الخلايا يتوقف على موضعها» . وهذا القول المأثور يسبق زمنيا الفهم المعاصر بأن تفاوت مستوى الرسائل الكيميائية التى تفرزها خلايا أخرى هو الذى يحدد السلوك الأيضى للخلية ، وبالتالى يحدد اتجاهها ومدى تمايزها .

ومن حيث المبدأ ، فإن استجابة الخلايا استجابة مبرمجة وراثيا للإشارات الكيميائية التى تبثها خلايا أخرى تماثل استجابة النمل المبرمجة وراثيا للإشارات الكيميائية التى تبثها حشرات النمل الأخرى . والأمر الذى يحدد هل سيكون أو لا يكون لدينا مجموعة من أفراد كثيرة تشكل مجتمعا ، أو اندماج هذه الوحدات الفردية فى كائن متماسك ، هذا الأمر يعتمد على الضغوط البيئية . ونجد فى أمثلة كثيرة أن وجود أفراد كثيرين يعمل كل منهم لحسابه يكون هو الأمر المفيد . وكمثل ، إذا كان أحد الكائنات الحية يعيش فى بيئة مستقرة إلى حدٍ معقول وتتيح له الحصول على الطعام بسهولة – كما فى أحد خلجان المحيط أو فى بحيرة أو تربة رطبة فى غابة ، فإن الكائنات الفردية قد يكون

* من الممكن أيضا أن ننظر إلى الحيوان المنوى هو والبويضة غير المخصبة كجزء من الطور وحيد الخلية فى دورة الحياة . على أنه يمكن أيضا أن نطرح حججا مضادة لهذا الرأى .

لديها القدرة على التحرك فيما حولها ، وأن تعثر على مصادر الطعام ، وأن تتكاثر بالسرعة الكافية لتجنب أن يحدث التهامها بالكامل بواسطة مفترسيها . ومن الناحية الأخرى ، فإنه مهما كان قدر ما يحدث من تقليب سطح الأرض الرطبة ، فإن ذلك لن يسمح للكائنات الحية الفردية بأن تصل إلى أن تستخلص الماء على عمق تحت التربة وأن تحصل في نفس الوقت على أقصى قدر من الضوء من ارتفاع عال فوق التربة. وحتى يحدث ذلك يحتاج الأمر لوحدة منتظمة مثل الشجرة .

وبهذا يصبح من الواضح أن المطالب البيئية هي التي تحدد الشكل الذي تتخذه الحياة في أي ظرف محدد . وهذا أمر يتم فهمه أحسن الفهم بلغة من الحفاظ على البقاء والقدرة على التكاثر . وبعض الظروف تحابي الأفراد المستقلة كليا ، وبعض الظروف تحابي مجتمعا من الأفراد ، وعلى المدى الطويل فإن البيئة تحابي الكائنات المتكاملة . إن التقدم من البكتريا الفردية إلى الكائنات البشرية يمثل ألفي مليون سنة من تطور المحيط الحيوى ككل . وهو أيضا يمثل تطور الذكاء الجماعي ، إذ تتكامل الوحدات الفرعية إلى وحدات ، وهذه بدورها تتطور لتصبح وحدات فرعية لتتولد في النهاية طبقات من النظم الذكية – طيف الذكاء الذي يؤلف عالمنا اليوم .

وتشكيل مجموعات من الوحدات في «مجتمعات» يمثل أول خطوة في تشكيل الذكاء الجماعي ، وهذا بدوره يسبق التكامل الكلي لوحدات فردية في وحدة فرعية متماسكة.

## بزوغ الثقافة عند الحيوانات

في كتاب «تطور الثقافة عند الحيوانات» لبونز (١٩٨٠) يعرّف المؤلف المجتمع الحيواني بأنه «جماعة متماسكة من أفراد من نفس النوع ذات اتصال بيني ،، ويعرف الثقافة بأنها «نقل المعلومات عن طريق وسائل سلوكية ، وعلى وجه أشد دقة بواسطة عملية التعليم والتعلم» (ص ٧٦) . ويواصل بونر كلامه ليوضح أن الحيوانات الاجتماعية هي حيوانات ذات تواصل ، وأن مدى هذا التواصل هو الوجه الوحيد في مجتمعات الحيوان الذي يكون على علاقة مباشرة بالثقافة . «الثقافة فحسب أمر غير ممكن بدون الاتصال» (ص ١١٣) . ويستشهد بونر بسببين لتشكيل الحيوانات لجماعات : والسبب الأول يتضمن القدرة على جمع الطعام بفعالية أكبر أو القدرة على الصيد بفعالية أكبر ، أما الثاني فيتضمن أن تكون هناك وسائل أكثر فعالية للحماية من المفترسين . ويمكننا أن نضيف لذلك شيئا لعله يغطي هذين السببين مثل تعديل البيئة الذي نشاهده عندما تبني القنادس سدودها ، وعندما تبني حشرات الأرضة كيمانها ، أو فيما يتعلق بذلك أيضا الحشرات الاجتماعية كلها ، التي تبني أعشاشها كما سبق مناقشته .

«فالعوامل التي تصيغ المجتمعات الحيوانية تتوازى ، وإن كانت لا تتطابق مطلقا ، مع تلك التي تصيغ الثقافة» (ص ١٠٢) . ويؤكد بونر بشدة على تطور التعلم والتعليم ، حيث يوضح أن هناك مدى متصلا بدءا من أبسط أنواع المحاكاة التي قد لا تتضمن أي تعليم على الإطلاق ، وانتهاءً إلى الطرف الآخر من الطيف حيث الآباء والمدرسون من البشر يعطون تعليمات مركبة لأحد الأطفال . فالتعليم المركب هو من وجهة النظر التطورية اختراع حديث . وهو أساس للتطور الثقافي . وثمة تميز فيه تغاير بين أن يكون هناك طالب يتلقى التعليمات أو حتى صبي مهنة يحاكي غيره فحسب ، وبين التعلم بالتجربة والخطأ . والخبرة قد تكون أفضل مدرس ، ولكنها أيضا أبهظ المدرسين تكلفة ، وأحيانا قد تكون قاتلة .

على أن التعلم بالخبرة هو ولابد الشرط اللازم للتعلم من رفاق النوع . والحقيقة أنه يمكننا أن نتبين وجود سلوك تكيفي عند حيوانات البرتوزوا مثل حيوان ( ستنتور ) الذي يبدي معا «حساسيته» لعوامل الإثارة ، وكذلك إمكان «تعويده» عليها . وبهذا المعنى فإن الستنتور له القدرة على التعلم من خبرته بعوامل الإثارة المختلفة وعلى التعلم من بيئته ، ويقرر إذا ما كانت الاستجابة لعامل استثارة ما محدد بعينه ستكون رد فعل قوي أو التجاهل . على أنه ليس من دليل على أن أي واحد من حيوانات البروتوزوا يعطي تعليمات للواحد الآخر بشأن البيئة . على أننا عندما نصل إلى النحل سنجد ، كما رأينا من قبل ، أن الواحدة من حشرات النحل قد تخبر الآخرين عن المكان الذي يجدون فيه مصدر طعام جيد بعينه . ومن الواضح أنه يحدث هنا إعطاء تعليمات . على أن طريقة إعطاء المعلومات طريقة متجمدة ، كما يثبت من الخلايا المختلطة للنحل الإيطالي والنمساوي : حيث تخلط عشرات النحل إشارات بعضها البعض لأن الإشارات بالكامل تحت التحكم الوراثي . أما الفقريات ، فإنها بخلاف الحشرات يوجد فيها قدرات ملحوظة على المحاكاة .

ويفترض بونر أنه إذا كان أقدم أشكال التعلم يتطلب فحسب محاكاة سلوك رفاق النوع ، وبالذات سلوك الوالدين ، فإن أقدم أشكال التعليم لابد إذن من أنه يستلزم أن يدعم الوالدان إيجابيا مجهودات سليلهما لمحاكاتها (ص ١٣١ - ١٣٢) . ويواصل برونر كلامه ليناقش خمسة أشكال لانتقال الثقافة بالمحاكاة :

١- البراعة البدنية .
٢- العلاقات مع الأنواع الأخرى .
٣- الاتصال السمعي من داخل النوع .
٤- الموضع الجغرافي .
٥- نقل الابتكارات أو المستحدثات .

توجد لدى الطيور صائدة المحار طريقتان للحصول على رخويات بلح البحر : إما أن يحضر الطائر محار بلح البحر إلى الشاطىء ثم يطرقه بمنقاره عند نقطة لينة ، أو

أن الطير عندما تكون المحارة مفتوحة تحت الماء يدفع بمنقاره سريعا داخلها ليقضب من بلح البحر عضلته المقربة . والطير صغير السن يستغرق زمنا طويلا ليتعلم أيا من الطريقتين . ومن الظاهر أن هذين السلوكين كلاهما فطرى : فالطير الصغير يظهر كلا هذين النوعين من السلوك بشكل بدائى . على أن مصير هذه الطيور إلى أن تكون ضاربة بالمطارق أو طاعنة بالمنقار أمر يبدو أنه يعتمد على ما يفعله الوالدان والأعضاء الآخرون فى البيئة المحيطة بهم ، وهكذا يمكن أن نجد أنماطا ثقافية تتحدد حسب السلوك الذى يكون موجودا فى الوقت الذى يتعلم أثناءه الصغير .

وهناك أمثلة أخرى عديدة لما يتم نقله من السلوك بالتعلم . فالعصافير الدورية فى جالا باجوس تستخدم الأشواك لتنزع الديدان من الشجر . والقضاعة هى وحيوانات أخرى تستخدم الصخور لتكسير «أذن البحر» أو غيره من المحار . وقد سجل جودال (١٩٦٧١) أن أفراد الشمبانزى التى تصيد الأرضة تستخدم عصيا شكلت بنزع أوراق الشجر عنها . وهذا النوع من الممارسة يبدو أنه يتم تعلمه بالمحاكاة ، وهو يعطى المثل على أن الرئيسيات غير البشرية لاتقتصر على استخدام الأدوات وإنما أيضا تصنعها . وفى معامل بيركز نجد أن أفراد الشمبانزى التى تعلمت طريقة استخدام نافورة شرب المياه تنقل طريقة فعل ذلك إلى الزملاء الآخرين الذين يرقبونها .

ويعيش فى حديقة حيوان مفتوحة فى أدو بجنوب إفريقيا بعض الفيلة التى تعد من أخطر فيلة إفريقيا . وسبب ذلك أنه حدث فى ١٩١٩ أن تم اصطياد عشيرة صغيرة من ١٤٠ فيلا بناء على طلب مزارعى الموالح المحليين . واستأجر المزارعون لذلك صيادا مشهورا هو بريتورياس ، فأطلق النار على الفيلة واحدا بعد الآخر حتى انخفض أفراد القطيع إلى عدد من ١٦ إلى ٣٠ فردا . وعند هذا الحد أصبحت الفيلة جد حذرة من البشر حتى إنها أصبحت تمكث فى الدغل الكثيف أثناء النهار ثم تتحرك أثناء الليل متسللة فيما حولها . ثم تخلى بريتورياس عن الأمر . وتم فى ١٩٣٠ تخصيص ملاذ للفيلة ، على إنها مع ذلك وبعد مرور أربعة أجيال ظلت تختبئ وتهاجم أى دخيل من البشر . ويبدو أن هذا السلوك يتضمن انتقالا ثقافيا للرسالة ، ذلك أنه عند ذلك الوقت ما كان يمكن أن يوجد إلا عدد قليل جدا فحسب من حيوانات ١٩١٩ التى خبرت بالفعل أذى عمليات القتل ، أو أنه لم يكن يوجد منها أى واحد .

وعلى النقيض من ثقافة الخوف التى تعلمتها فيلة أدو ونقلتها للغير ، هناك ثقافة التدجين التى تظهرها الكثير من الحيوانات المعزولة فوق جزر جالا باجوس : ويستطيع أى واحد منا أن يسير مباشرة إلى أحد الطيور ويلمسه . ويصدق نفس الشئ على البطاريق والسحالى الضخمة البحرية فى جالا باجوس ، ولكن هذا يكون فقط عند الاقتراب منها على الأرض : أما فى الماء ، حيث تلاقى هذه الحيوانات أسماك القرش ، فإن وجود سباح من البشر يحدث رد فعل نمطى بالفرار .

أما بالنسبة لسلوك الاحتشاد للهجوم الذى يسلكه الشحرور الأسود الأوروبى فيمكننا أن نبين تجريبيا أنه يعتمد على ما يتعلمه مبكرا الشحرور صغير السن . وبالتالى فقد أمكن خداع أحد هذه الطيور التى تتعلم بحيث أصبحى احتشاد الشحرور على الهجوم ليس ضد عدوه الطبيعى ، وهو البومة ، وإنما أصبح يهاجم طائرًا أستراليا وديعا وهو دليل المناحل . والطائر المتعلم الذى خدع هكذا ، قد جُعل بحيث يعلم الآخرين ، وبالتالى فقد تكون سرب صغير من الشحارير السوداء التى نشأ لديها تقليد بمهاجمة طيور دليل المناحل الأسترالية . وثمة عدد من الأمثلة يؤخذ من أغانى الطيور ، وما إذا كانت تغنى أغنية معينة بلهجة محلية ، وهذا كله مما يعتمد على أن تتعلم صغار الطيور النغمة المعينة من رفاق نوعها الأكبر سناً . وبالمثل فإن الطرق المخصوصة التى تطرقها الطيور المهاجرة (وكذلك حشرات أبى دقيق الملكية) تتضمن سلوكا بالتعليم ؛ بحيث يتحدد بهذا التعليم مكان الموضع المعين الذى سيهاجر الفرد إليه .

وأحد الأمثلة الأكثر روعة لتعلم الحيوانات حيلة مفيدة ثم نقل ذلك للغير يتمثل فى العصافير الزرقاء . وهذه الطيور الصغيرة البهيجة قد اكتشفت أن الأغطية اللامعة لزجاجات اللبن يمكن الهجوم عليها وفتحها مرفوعة لتكشف عن القشدة أو اللبن ، التى يمكن للطيور عندها أن تشربها . وهذا الاكتشاف هو وتكنيك التوصل إلى زجاجات اللبن ، قد انتشر خلال إنجلترا بمعدل من خمسة أميال تقريبا فى كل سنة (انظر أيضا عرض جولد وجولد ١٩٨٨ ، ص ٢٢٠ ، ٢٢١) .

وثمة مثل آخر على نفس المنوال ، ولكنه تحت ظروف محكومة ، وهو مثل «إيمو» تلك الأنثى العبقرية صغيرة السن من قردة المكاك ، التى اكتشفت حسب الدراسات اليابانية للقرود ، أن ثمار البطاطا عندما تغسل بماء البحر (وربما عندما تتملح به ؟) يصبح طعمها أفضل . وقد ابتكرت أيضا طريقة لتنظيف كوم من القمح ألقى به على الشاطىء . فهى تغترف القمح والرمل معا . ثم تلقى بكل شىء فى الماء : وبينما يرسب الرمل فإن البذور تطفو بحيث يمكن اغترافها وأكلها بسهولة . واكتشافات إيمو هذه تم التقاطها بسرعة بواسطة غيرها من صغار السن لتنتشر ببطء خلال الجماعة كلها . وكان آخر من تعلم التكنيك الجديد هم الذكور كبيرة السن عالية المرتبة .

ويوضح بونر أن هناك عوامل انتخابية قوية تحابى عملية نقل الثقافة . وهذا نظام يمكن أن يستجيب لتغيرات البيئة استجابة أسرع كثيرا مما تستطيعه التغيرات التطورية التى تتحدد وراثيا بالصورة التقليدية . ولنتصور طول الزمن الذى قد تستغرقه العصافير الزرقاء حتى تطور وراثيا النزعة إلى خلع أغطية زجاجات اللبن للتوصل إلى القشدة .

والحشرات الاجتماعية تعطينا المثل على الطرف الأقصى الذى تتحدد عنده الأنماط السلوكية وراثيا . أما الرئيسيات وغيرها من الثدييات ذات المخ الكبير مثل الأفيال والدرافيل فإنها تمثل الطرف الأقصى الآخر فى مملكة الحيوان حيث يقوم كل من الذكاء الفردى والجماعى بتحليل البيئة باستمرار لتقيم صنوف من أنماط السلوك لاستغلال المصادر الجديدة أو لتجنب المخاطر الجديدة .

ويعتبر بونر أن هذه الضغوط العامة قد أمدت بالدافع الكامن وراء التغيرات الهائلة التى نتج عنها مخ أكبر حجما بسرعة كبيرة هكذا فى تطور صنوف الجنس البشرى . ويقترض بونر أيضا أن التغيرات الوراثية التى أنتجت مخا كبيرا هكذا ، والتى تعد فى الخط البشرى ظاهرة تختلف اختلافا واسعا عن الظواهر التى حدثت فى القردة العليا الكبيرة أو فى الإنسان البدائى استرالو بيثيسينس ، هذه التغيرات الوراثية يمكن أن تكون حقا جد طفيفة . فهى قد تشمل فحسب تعديلا بسيطا لجينات معدودة تتحكم فى إطالة مدة تنامى بعض أجزاء من الكائن الحى . وعملية «التأخير» هذه يمكن أن تكون قد طبقت على المخ المتنامى فى «الهومو» . بمعنى أن مخ الإنسان يستمر على التنامى طيلة فترة أطول نسبيا عما عند القردة العليا الكبيرة . وتعديل الجين هكذا ربما يتأسس فحسب على هرمونات النمو التى تفرزها الغدة النخامية ، أو على أن المتلقيات فى خلايا المخ التى تستجيب لهذه الهرمونات قد تعدلت خلال طور لاحق فى تطور المخ بحيث إنه بدلا من أن يتم توقف أى زيادة فى نموه – كما فى القردة العليا – فإنه يستمر فى تناميه. وهذا يدل على أن التغيرات الكبيرة فى القدرة على الاشتغال بالسلوك الذكى يمكن أن تنتج بواسطة تغيرات صغيرة نسبيا فى الجهاز الوراثى للحيوان المتأثر – وهو فى هذه الحالة نحن البشر .

## الاتصال والذكاء الجماعى

لابد وأن يكون من الواضح ولابد أن الذكاء الجماعى لا يمكن أن يوجد بدون وجود اتصال فعال فى الاتجاهين بين شتى الوحدات الفرعية . وسلوك حشرات المستعمرات السابق توصيفه أعلاه يظهر أن هذا الاتصال قد يتألف من عدد من الأنظمة . وفى حالة رقصة النحل المتأرجحة ، نجد أن الاتصال يتضمن الرؤية . على أنه كما رأينا يتضمن أيضا السمع . أما تغذية الزملاء فى العش بالرحيق الذى تم جنيه طازجا ووضع علامات على مصادر الرحيق باستخدام الفيرومونات فإن هذا يتضمن بث إشارات كيميائية . بل إن الكيماويات أكثر أهمية فى سلوك النمل ، فحركات حشرات النمل بعيدا عن العش تتحدد على نحو كبير بالروائح المختلفة عن شتى الكيماويات المخصصة لكل نوع .

والاتصال بواسطة روائح الكيماويات ليس إلا مثلا واحد من استخدام الطبيعة «للفيرومونات» للتحكم فى السلوك الجماعى . وفى حالة نمل النار يفترض ويلسون (١٩٧١ ، ٢١٨) أن التنظيم الاجتماعى للمستعمرة قد يتم كله تقريبا بواساطة عدد من هذه الفيرومونات لا يزيد عن العشرة . ويلسون يعرّف الفيرومونات بأنها مواد يتم تبادلها بين أعضاء نفس النوع من الحيوانات لتنظيم سلوكها أو تناميها . وبخلاف «الهرمونات» التى تعمل «كرسل كيميائية» بين الخلايا والأنسجة والأعضاء والأجهزة التى تؤلف البيئة «الداخلية» للكائن الحى الفرد ، فإن «الفيرومونات» تعمل عبر الأفراد ، لتنظيم وتنسيق السلوك والتفاعلات بين الأعضاء داخل «الجماعات» من الأفراد .

بل إن هناك ما هو أكثر انتشاراً من تلك المواد التى تعمل كرسل كيماوية عبر الأفراد الذين يؤلفون نوعا واحدا ، وهو ما لدينا من الأمثلة الكثير من النباتات المزهرة التى تنبثق منها روائح جذابة للحشرات مثل الفراش وأبى دقيق والنحل الطنان ، ونجد فى هذه الحشرات أن تشريحها نفسه يتطور فى تشارك ليلائم تشريح الزهرة . والمثل الكلاسيكى لذلك هو القرنفل والنحل الطنان ، فالنحل الطنان له خرطوم طويل يتوافق مع تشريح الزهرة . وبهذا تحصل النحلة الطنانة على رحيقها ، كما أن زهرة القرنفل تضمن تناقل حبوب اللقاح . وهناك أدلة على أنه فى أمثلة كثيرة يكون الرحيق الذى تمد به الزهور ما يستثير فيزولوجيا التكاثر فى الحشرات التى تعتمد على الرحيق كغذاء . بمعنى أن التطور المتشارك لا يشمل فحسب تكيف تشريح الزهرة والحشرة أحدهما للآخر وإنما يشمل أيضا فيزيولوجيتهما هما الاثنين . وإذا كان مفهوما «الهرمون» و «الفيرومون» مفهومان قد رسخا تماما ، فإننا ينبغى أن نضيف إليهما فكرة «الإيكوفيرومون» لنغطى الرسل الكيماوية الموجودة ما بين الأنواع والتى تؤلف جزءاً من أحد النظم الإيكولوجية .

طرحنا فى كل ما ذكر أعلاه أمثلة من الذكاء الجماعى قد تطورت عند مستويات شتى من التركّب . أما ما يحدث لفريق من أفراد البشر والكلاب الذين يشتغلون معا بالصيد ، فإنه يعطى مثلا آخر للذكاء الجماعى ما بين الأنواع – أى بين البشر والكلاب إذ يتواصلون بواسطة إشارات بصرية حاذقة ، وبعض الإشارات السمعية ، وربما أيضا تلميحات شم عن طريق انبعاث الرائحة البشرية .

وكل هذه الظواهر لها أوجه تطبيق ممكنة على أفراد البشر . فالبصر والسمع والرائحة واللمس – كلها تشكل جزءا من نظم الاتصال البيولوجية بين أفراد البشر . وهذه التدفقات من المعلومات بين شتى الوحدات الفرعية هو ما يؤدى إلى تكامل الوحدات الفرعية فى ذلك الذكاء الجماعى الفعال الذى نسميه المجتمع البشرى .

## تعليق قصير على الذكاء والجينات والتطور

من النزعات السائدة حاليا فى الدوائر البيولوجية تقييم آلية التطور بلغة من خصائص الجينات (كما مثلا فى كتاب دوكنز «الجين الأنانى») . والتطور الشامل يعمل (أى يتنوع وينتخب) على مستويات كثيرة من التركب - وليس فحسب على مستوى جزيئات دنا . والنظرة إلى الأجساد البشرية أو خلايا النحل على أنها فحسب وسائل ناجحة لحمل ونسخ جينات خاصة ، نظرة فيها عنصر من الحقيقة ، ولكنها فى الوقت نفسه فيها فرط تبسيط يؤدى إلى سوء الفهم . فأجسادنا هى وخلايا النحل ، كلاهما يمثل مستويات من التنظيم ، أى من المعلومات ، هى نتيجة محتومة لتطوير النظم الذكية . وسوف يصبح هذا أمرا واضحا بمجرد أن تصل الهندسة الوراثية إلى مرحلة النضج ، وعندها ستكون الجينات قد فقدت أى تحكم لها . ذلك أننا سنكون نحن أنفسنا بما لدينا من ذكاء جماعى بشرى ، الذين سنحدد أى جينات نريدها وأيها لا نريده . ولن يكون الأمر أن الجينات هى التى تجرى التجارب على البشر لتأكيد الكفاءة التكاثرية للجين ، وإنما سيكون الأمر أن «الذكاء» البشرى هو الذى يقرر مصير كل جين . وبصرف النظر عما إذا كنا سنفعل ذلك بحكمة أم لا ، فإن الأمر سيكون حالة واضحة لذكاء فائق (الذكاء البشرى) يهيمن على نظم المعلومات البيولوجية (دنا) . وقد يكون الذكاء نتاجا للتطور البيولوجى ، ولكن كما أن «الحياة» نفسها نتاج لتطور «المادة» الخاملة هى و «الطاقة» - ثم خلفتهما الحياة متفوقة عليها- فإنه بمثل ذلك تماما سوف يخلف الذكاء «الحياة» فى تفوق .


**Literature Cited**

JT Bonner (1980) The Evolkon of Culture in Animals, Princeton Univ Press, NJ.

DJ Coffey (1977) The Encyclopedia of Sea Mammals, Hart-Davis MacGibbon, London.

NR Franks (1989) Army ants: A collective intelligence, Am. Sci.77:138-145

J Goodall (1971) In the Shadow of Man, Houghton Mifflin, Boston, Mass.

JL Gould and CG Gould (1988) The Honey Bee, Scientific American Library, WH Freeman, New York.

DR Griffin (1984) Animal Thinking, Harvard University Press, Cambridge, Mass.

BK Hölldobler (1989) in Life at the Edge (JL Gould and CG Gould ed), pp. 111-121, WH Freeman, New York.

BK Hölldobler and EO Wilson (1977) Weaver ants, Sci. Am. 237(6):146-154.

BK Hölldobler and EO Wilson(1990) The Ants, Springer-Verlag, Heidelberg.

HJ Jerison(1986) The perceptual world of dolphins, in Dolphin Cognition and Behaviour: A Comparative Approach (RJ Schusterman, JA Thomas and FG Wood ed) , pp.141-166, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ.

TC Schneirla and G Piel (1948) The army ant, Sci Am.178(6):16-23.

RJ Schusterman, JA Thomas and FG Wood (1986) Dolphin Cognition and Behaviour: A Comparative Approach, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ.

TD Seeley (1989) The honey bee colony as a superorganism, Am. Sci. 77:546-553.

AM Wenner (1964) Sound communication in honey bees, Sci. Am. 210(4):117-123.

WM Wheeler (1928)The Social Insects: Their Origin and Evolution, Kegan Paul,Trench and Trubner, London.

EO Wilson (1971) The Insect Societies, Harvard University Press, Cambridge, Mass.

## ٥-تكنولوجيا المعلومات والذكاء الجماعى وتطور المجتمعات البشرية

### مقدمة

إن أحد أفضل الوسائل التى تبرهن على وجود وأهمية الذكاء الجماعى عند البشر هى مقارنة الفارق بين أعلان اكتشاف أشعة إكس فى تسعينيات القرن التاسع عشر وبين حدث مناظر فى ثمانينيات القرن العشرين – وهو إعلان اكتشاف بوزون دابليو * (W) (كما عرضه بايس ١٩٨٦) . فكونراد رونتجن كان هو الذى أجرى التجربة بنفسه ، وكان أول بحث منشور له ليعلن اكتشاف أشعة إكس لا يحمل سوى اسمه وحده كالمؤلف الوحيد لورقة البحث . وفى مفارقة مع ذلك نجد أن التقرير الذى يمد ببرهان واضح على وجود بوزون دابليو قد وقع عليه ١٣٥ مؤلف أتوا من اثنتى عشرة مؤسسة اوروبية ومؤسستين من أمريكا الشمالية . وبالإضافة ، فإنه بينما كان علماء القرن التاسع عشر يتجهون إلى العمل بالتناوب فى معامل من صنعهم هم أنفسهم ، نجد أن مناظريهم فى القرن العشرين يتجهون إلى العمل فى معامل بالغة التعقيد تدعمها الحكومة أو المؤسسات . والمجموعة التى أعلنت اكتشاف بوزون دابليو وهى تعمل تحت الأرض فى مركز البحوث النووى الأوروبى ، لم تتطلب فحسب إبداع وخبرة مئات كثيرة من عقول مركز البحوث ممن يعملون فى نواحٍ إدارية وفنية وعملية ، وإنما تطلبت أيضا المزيد من الآلاف من الأفراد يعملون عبر العالم ليمدوا بالدعم العلمى والفنى والإدارى والسياسى والمالى مما هو ضرورى لمؤسسة ضخمة ؛ هكذا تنفق مئات ملايين الدولارات من الأموال العامة .

والقرار السياسى بإنفاق موارد كثيرة هكذا على مجموعة واحدة معينة من التجارب يعكس سلسلة من القرارات الجماعية تشمل حكومات كثيرة وغير ذلك من وكالات ومنظمات . وكل حكومة بدورها تضرب المثل على صنع القرار الجماعى ، وذلك أنه حتى فى أكثر الدول الحديثة إتصافا بالتسلط الذى يلزم معه وجود دكتاتور وحيد ، فإننا نجد أنها تعتمد فى جانب على المداخلات التى تكون من شتى المعلومات الجماعية ، ومن الناحية الأخرى تعتمد على تنفيذ الإجراءات الإدارية الجماعية ، فالمجتمع الحديث قد صمم ليحل المشاكل ويحلها جماعيا ، وبالمثل فإن المجتمع ينزع إلى تنفيذ الحلول جماعيا . وقد نما ذكاؤنا البشرى الجماعى عبر العشرة آلاف سنة الماضية أو ما يقرب ابتداءً من عصابات الصيد – جمع الثمار التى

---

* البوزون : جسيم ينقل إحدى القوى الفيزيائية ، وبوزون دابليو ينقل القوة النووية الضعيفة المسئولة عن التفاعلات النووية والتحلل الإشعاعى (المترجم) .

تكاد تعتمد كليا على التواصل الشفاهى وعلى تقاليد ثقافية بسيطة نسبيا (رقص طقوسى ، وأعمدة طوطمية .. الخ) ، ووصولا إلى دول الأمم المعاصرة والاستثمارات عبر القومية مثل مركز البحوث النووى الأوروبى الذى يمكن لمؤسساته ومنتجاته وطرائق بحثه المحنكة أن تملأ (وقد ملأت بالفعل) مكتبات كاملة بالكتب .

## التطور الثقافى

أحد الفروق الرئيسية بين النوع البشرى وغيره من الكائنات الحية هو حقيقة أن البشر قد أمكنهم إنشاء ذاكرة جماعية فعالة . وقد تم ذلك من خلال إنشاء تراث ثقافى شفاهى تلاه إنشاء تراث ثقافى مكتوب ، الأمر الذى يمرر المعلومات من جيل للتالى . وقد أتاح هذا للإنسانية أن تختزن وتسترجع المعلومات عبر الزمان والمكان معا .

ونحن نرجع الفضل فى فكرة التطور الثقافى إلى هربرت سبنسر . فقد أمضى عمره فى العمل على تكديس كيان هائل من المعلومات الأنثروبولوجية ثم استخلصها ونظمها ، ولم يتم تقدير عمل حياته هذا التقدير الكافى وقتها . فكانت نظرياته المثيرة للجدل غير منتشرة . ومما يبعث السرور الآن أن بعض علماء الأنثروبولوجيا يبذلون الجهد لإعادة فحص أعماله بعمق ، ويطبقون التفسيرات الحديثة على ثروة المعلومات التى تمد بها دراسات سبنسر (انظر كارنيرو ١٩٨١) .

والثقافة فى السياق الحالى تعرّف على أنها قاعدة المعلومات المشتركة للمجتمع التى يعتمد عليها ليعرّف نظم المعتقدات ونماذج أنماط السلوك المقبولة . والتطور الثقافى يختلف عن التطور البيولوجى فى ثلاث نواحٍ أساسية على الأقل :

١- إنه موجه بالأهداف .

٢- إنه يمكن أن يكون لاماركيا *

٣- إن سرعة تغيره تتزايد زيادة هائلة .

١ - ظهرالوعى البشرى كنتيجة لتطور الجهاز العصبى للرئيسيات ، وأدى ظهوره إلى إدخال نقلة فى عمليات التطور . فلم يعد التطور يعتمد على التباين العشوائى الذى يعقبه انتخاب المتباينات الناجحة ، وإنما أصبح التطور الثقافى البشرى موجها

* نسبة إلى لامارك : عالم فرنسى له نظرية فى التطور قبل داروين وتختلف آلياتها عن الداروينية (المترجم) .

بالأهداف . وبدلا من انتظار أن تحدث البيئة تأثيرا فى النظام (وهو فى هذه الحالة المجتمع البشرى) ، قام النظام بتحليل البيئة ثم عدل منها : بحيث يعزز من قدرة النظام على البقاء . وبعد عشرة آلاف سنة من التطور الثقافى البشرى نجد أن كوكبا كان فى الأصل لا يمكنه على أحسن الفروض أن يعول سوى عدة ملايين من أنواع من الإنسان البدائى ، هو الآن يعول عدة بلايين من البشر .

٢- افترض لامارك أن رقبة الزرافة المتطورة أصبحت ممتدة لأن أسلافها كانوا يمطون رقابهم ليصلوا بها إلى الأوراق العليا فوق الشجر . وحسب لامارك فإن الرقبة المطوطة هى التى تتم وراثتها عند كل أفراد الذرية التالية . وعلى النقيض من ذلك توصل داروين ووالاس فى نفاذ بصيرة هائل ، إلى أن تباينات النظم البيولوجية هى تباينات عشوائية . وانتخاب المتباينات الناجحة هو الذى يعطى النظم المتطورة اتجاهها الظاهر : فالزرافات ذات العنق الأطول لديها فرصة أفضل للبقاء ، وبالتالى فإنها ذات الفرصة الأكبر للتكاثر .

وعلى العكس مما فى التطور البيولوجى ، فإنه بالنسبة للتطور الثقافى البشرى (يمكن) للميكانزم اللاماركى أن يكون فعالا فيه . وإذا أراد فرد أن يصل إلى قمة شجرة واخترع لذلك سلما ، فإن كل ذرية هذا الفرد سيمكنهم استخدام ذلك السلم ، وبالتالى ، فإن وراثة الخصائص (المكتسبة) التى تعد هرطقة فى التطور البيولوجى - هى ملمح أساسى فى التطور الثقافى .

٣- وهذا أيضا يفسر السبب فى سرعة التطور الثقافى : فبدلا من التخبط عبر الأجيال اعتمادا على التباينات العشوائية التى تحل عدم التوافق بين أحد النظم البيولوجية وبيئته حلا تدرجيا فحسب (عدم التوافق فى هذه الحالة هو بين الحيوانات الحافرية قصيرة العنق وبين الشجر الطويل) ، نجد أن التطور الثقافى الموجه بالهدف يتيح حلولا غير تدريجية (كالسلم مثلا) تظهر فى جيل واحد .

هذا وقد طرح رتشارد دوكنز (١٩٧٦) أن ما هو خاص من الأفكار أو المعتقدات أو التكنوجيات يتم تمريرها خلال سياق الثقافة البشرية ككيانات منفصلة سماها « ميمات » . وتمرير الميمات يوازى تمرير الجينات فى سياق النظم البيولوجية ، أى أن الانتخاب يحابى الميمات التى تستثمر بيئتها الثقافية ؛ حيث إنها فى تنافس دائم مع الميمات الأخرى . وأيا ما يكون الرأى فى اقتراح دوكنز فإنه يمد بأداة فكرية تحلل على الأقل ميكانزما واحدا من ميكانزمات التطور الثقافى البشرى - على أن نأخذ دائما فى الاعتبار الفارق العميق بين أصل الجينات الجديدة ، التى تظهر بالطفر الذى تحدثه عوامل بيئية خارجية بالنسبة للنظام (مثل الإشعاع الكونى) وبين أصل الميمات الحديثة التى تنشأ داخليا فى نظام ذكى موجه بالهدف (الثقافة البشرية) يحاول السيطرة على بيئته .

منذ فجر البشرية والتطور الاجتماعى يتم دفعه بواسطة التطور التكنولوجى (ستونير ١٩٨١) والأمر الذى يجعل تكنولوجيا المعلومات جد مثيرة للاهتمام من الوجهة النظرية هو أنها ابتداء من وقتنا هذا سوف تواصل دفع التطور التكنولوجى ، تماما مثلما ظلت التكنولوجيا تدفع التطور الاجتماعى .

وهناك مقولة يستشهد بها مما قاله كينث كوبر (١٩٨٦) كبير مديرى المكتبة البريطانية ، وهو أنه قد تم فى جيله تصوير حيوان الاكاديميين بثلاثة تطورات وهى - السفر بالنفاثات والهاتفة المباشرة لتليفون والنسخ بالتصوير . ويتوقع كوبر أن ثورة المعلومات سيكون لها فيما يلى تأثير أعمق .

وليست الأمور الأكاديمية هى وحدها التى حدثت فيها تغيرات فى أنماط التشغيل كنتيجة لظهور وسائل اتصال قابلة للتكيف وذات تكلفة مجزية اقتصاديا . والواقع أنه فى كل أمور الأعمال والصناعات الكبيرة تم اكتشاف أن اتخاذ القرار بفعالية يطلب مزيدا ومزيدا من الأفراد - كثيرا ما يكونون مبعثرين عبر الكرة الأرضية . وعمليات الإنتاج لم يعد وجودها يقتصر على دولة واحدة ، وإنما هى تنزع إلى الاعتماد على عناصر مكونة يتم إنتاجها فى بلاد كثيرة . وبالمثل فإن المنشآت المالية فى العالم تتأسس كلها الآن على نظم تحبذ تدفق المال تدفقا كوكبياً سريعا لايقاوم ومفتاح التطور السريع فى نظم الاتصالات الجديدة عن بعد أثناء الربع الأخير من القرن العشرين هو العلاقة المتبادلة التى تزداد توثقا بين المعلومات ، والاتصالات ، والنشاط الاقتصادى . وما يسميه الفرنسيون بالاتصالات البعيدة المؤتمتة (أى الاتصالات البعيدة مضافا إليها تناول المعلومات أوتوماتيكيا) قد أصبح له أهمية كبرى فى التجارة والصناعة .

ومع نهاية الثمانينات كان من بين أكثر التطورات أهمية ، حقيقة أن تكنولوجيا القرص الممغنط كانت تقترب من نقطة عبور حاسمة ؛ حيث أصبح من الأرخص الاحتفاظ بمحتويات صفحة من الورق على القرص بدلا من الاحتفاظ بها على الورق . أما فى السبعينيات فقد أصبحت أقراص الليزر - تعد بخفض فى تكلفة الاختزان يصل إلى مائة مثل إن لم يكن ألفا ، ويقترن ذلك بزيادة فى السعة تصل إلى مائة ضعف . وليس الأمر أن تكلفة الاختزان ستواصل الانخفاض فحسب بل إن زمن إتاحة أى جزء من هذه المعلومات يمكن الآن قياسه بواحد من الآلف من الثانية ، بمعنى أنه أصبح ما يمكن مقارنته بالوقت الذى نستغرقه فى استدعاء المعلومات من داخل رؤوسنا .

وهذه التطورات سوف تقدح الزناد لثورة فى طريقة تناول المعلومات هى أكبر من أى مما حدث منذ اختراع الطباعة . والبشر قد ظلوا طيلة قرون يختزنون المعلومات

خارج جماجمهم ، فى خزانات للملفات وفى كتب ، وما إلى ذلك . على أن زمن إتاحة المعلومات كان فائق البطء . إلا أنه سوف يأتى زمن مبكر فى القرن التالى حيث لن تكون هناك أى عقبات تكنولوجية فى وضع محتويات كل المكتبة البريطانية (بما فى ذلك الصور) فوق مجموعة من الأقراص الضوئية أو الوسائل المشابهة ، وسواء على النطاق الفردى أو الجماعى فإن البشر سيزيدون من ذكائهم الفعال زيادة جوهرية .

## الصين وأوروبا : دراسة لإحدى حالات الذكاء الجماعى

ظل مما يعد من الألغاز دائما معرفة السبب فى أنه عند وقت ما حوالى القرن السابع عشر أخذت أوروبا تسبق فى خطاها المدنيات الأخرى القديمة العظيمة مثل الصين . وإذا نظرنا إلى الإنجازات التكنولوجية للصينيين عند بداية الألف الحالية نجد أنها كانت رائعة حقا . وقد اكتسبت الثقافة الأوروبية من الصين أثناء العصور الوسطى مدى واسعا من التكنولوجيات ، سواء بطريق مباشر او غير مباشر- ونذكر هنا قلة منها لاغير ؛ كالأرز ، وعربة اليد ، والنشابة ، والبارود ، والبوصلة ، والورق ، وآلة الطباعة ، وكان طريق الحرير من اكسيان فى غرب الصين إلى فينيسيا فى جنوب أوروبا عامل تسهيل عظيم ليس فحسب لتبادل البضائع ، وإنما أيضا لتبادل الأفكار . وكمثل فإن أول نول «مبتكر» وهو «نول الرسم الصينى» قد دخل فيما يحتمل إلى جنوب أوروبا بواسطة طريق الحرير .

وبالإضافة إلى ما سبق كانت هناك الفتوح المغولية التى بعد أن فتحت الصين ، نشرت التكنولوجيا الصينية عبر آسيا حتى أبواب أوروبا . وكمثل ، فإن المهندسين الصينيين الذين كانوا يعملون لدى جنكيز خان هم الذين سببوا هزيمة العرب الذين كانوا أحسن قوة مسلحة فى ذلك الزمان من حيث التسليح والخبرة ، وقد نتجت هذه الهزيمة عن إغراق وادى المعركة بالمياه – الأمر الذى أدى إلى أن تناضل خيول العرب ذات الدروع الثقيلة هى وفرسانها لشق الطريق فى الأرض السبخة ، بينما فرسان المغول الخفاف يركضون فى دوائر من حولهم .

ولو كان البرتغاليون قد قاموا بمغامرتهم فى المحيط الهندى فى زمن أكثر تبكيرا بقرن واحد ، لالتقوا بأسطول صينى متفوق ، على أن هذا الأسطول تم سحبه لأسباب سياسية واقتصادية بحلول الوقت الذى أنجز عنده البرتغال مغامرتهم حول رأس الرجاء الصالح .

والصين لم تظهر قدرتها التكنولوجية الهائلة أثناء عصور أوروبا الوسطى فقط ، بل إنها أظهرت ذلك فى وقت أسبق من ذلك كثيرا جدا . فالقناة الكبرى التى افتتحت عام ٦١٠ بعد الميلاد قد استغرق بناؤها حوالى ألف سنة ، وكانت تمتد بما يزيد تماما عن الألف ميل ابتداءً من بكين حتى جنوب شنغهاى . وكانت ذات اتساع متسق من ٤٠ خطوة* ، وتتقاطع مع كل من نهر اليانجستى والنهر الأصفر ، فكانت تتضمن بذلك ملامح تكنولوجية عديدة لم ترها أوروبا إلا بعد ألف سنة أخرى . ولعل أقدم مثل معروف للتحكم البيولوجى فى الافات من الحشرات هو ما سجل فى منطقة جوانجزو (كانتون) منذ ما يزيد كثيرا عن ١٥٠٠ سنة : فكان يتم جمع مستعمرات النمل الناسخ لتباع ويعاد إقامتها فى بساتين الفواكه الحمضية لتطهر المنطقة من الحشرات الأخرى الضارة (هولدوبلر و ويلسون ١٩٧٧) . ولم يكن هناك ما يفوق الممارسات الزراعية بالصين .

وثمة مثل آخر للتكنولوجيا الراقية المبكرة فى الصين يمكن أن نراه داخل متحف بكين للتاريخ الصينى الذى يواجه ميدان تيان أن من ، والذى يحوى نموذجا لمقياس لشدة الزلازل اخترعه العالم زانج هنج سنة ١٣٢ ميلادية . بل وفى وقت مبكر عن ذلك فى القرن الثالث قبل الميلاد فإن الإمبراطور كين المشهور عند الغرب بتماثيل جيش الجنود الفخم المصنوعة من الطين المحروق ، والتى تم الكشف عنها تحت الأرض عند مقبرته ، هذا الإمبراطور قد بنى وقتها حائط الصين العظيم – وهذا قد اشتهر بأنه الشئ الوحيد الذى صنعه الإنسان ويمكن رؤيته من القمر – كما بنى أيضا قناة لنجكو ومن ظومة رى دوجيانجيان (التى بدأت بالفعل حوالى ٢٥٠ ق م) والتى كانت تروى السهول الخصبة فى سيشوان ، ومازالت تستخدم للآن بعد مرور اثنين وعشرين قرنا . وفيما يحتمل فإن الإمبراطور كين الذى وحد الصين كلها بالفتح فى القرن الثالث قبل الميلاد ربما يكون قد بنى قناة لنجكو لأهداف حربية . وعلى أى حال فإنه بتوصيل نهرى هايانج وليجانج ربط منظومة نهر يانجتسى بمنظومة نهر بيرل ، وبالتالى فإنه أكد دمج جنوب الصين اقتصاديا مع سائر البلاد .

وحسب الأسطورة فإن تاريخ نسج الحرير يرجع وراءً إلى سنة ٢٦٤ ق . م عندما نسجت الإمبراطورة هسى لنج شى رداءً لزوجها هوانج تى . وهكذا فإن قائمة الأمثلة التى تبرهن على قوة التكنولوجيا الصينية وقدمها تتواصل وتتواصل . وإذن فإنه ينشأ السؤال التالى : ما السبب فى أنه قد حدث فيما بعد القرن السابع عشر تقريبا أن تمكنت أوروبا من أن تسبق الصين ؟

---

* الخطوة مقياس لمسافة تبلغ حوالى ٧٥سنتيمتر ، فيكون عرض القناة حوالى ٣٠ مترا ( المترجم ) .

طرحت لذلك تفسيرات عديدة : أحدها يشير إلى الاضطرابات التى حدثت فى الصين فى القرن السابع عشر . على أن هذا لا يكاد يصلح كتفسير للأمر فيما لو نظرنا أمر المقتلة التى حدثت بين الإخوان البروتستانت / الكاثوليك فى حرب الثلاثين عاما بأوروبا ، وهى حرب تضمنت فى جزء منها الصراع الذى دام بين هولندا وإسبانيا لثمانين عاما (وانتهى الاثنان بالسلام فى وستفاليا ١٦٤٨) . أضف فوق ذلك الحرب الأهلية البريطانية ، والصراعات الإمبريالية التى شملت هولندا وفرنسا وإنجلترا فيما بعد فى القرن السابع عشر .

هذا وقد طرح أيضا تفسير مناقض وهو : أن الصين كانت بلدا كبيرا متكاملا لم يتعرض لحالة الحرب المتواصلة التى تميزت بها أوروبا . وبالتالى فإن علم الصين وتكنولوجيتها لم يتلقيا عامل الاستثارة التنافسى الذى تلقاه نظيراهما فى أوروبا . ولعل هذا يتضمن بعض الحقيقة ، ولكن ليس كل الحقيقة : فجاليليو كان مهندسا حربيا يدرس المسارات المنحنية لقذائف المدافع . على أن الأوروبيين ظلوا يهاجمون بعضهم البعض لألف عام ، ومع أنه أثناء الألف الأولى بعد الميلاد كانت الصين فى حالة سلام نسبيا ، بينما كانت أوروبا ساحة لمعارك متواصلة ؛ إلا أنه ما من دليل على أن التقدم فى علم أوروبا وتكنولوجيتها كان وقتها يلاحق بأى حال ما فى الصين .

وثمة تفسير ثالث يبدو أكثر معقولية : وهو أنه فى أواخر العصور الوسطى سادت روح النظام التجارى فى الكثير من أنحاء أوروبا . وتبادل التجارة بين الجماعات هو أحد العوامل الرئيسية التى تسهل تدفق الأفكار . ومن المحتمل أن حركة السلع داخل الصين كانت على الأقل فى اتساع حركتها فى أوروبا ، إلا أنه كان هناك فارق رئيسى واحد بين التجارة داخل الصين والتجارة داخل أوروبا : فلعل الأرستقراطية الحاكمة فى الصين ، وقد أدركت الخطر المحتمل عند رؤيته ، قد عملت على الاستيثاق من أن تظل طبقة التجار فى الصين طبقة لا تتمتع بأى سلطة ولا هيبة اجتماعية . وكان العمل كتاجر يعد عملا بمهنة منحطة ينظر إليها نظرة احتقار . وعلى العكس من ذلك ، شهدت الفترة المتأخرة من العصور الوسطى نشأة طبقة تجارية قوية فى أوروبا اكتسبت بحلول منتصف القرن السابع عشر هيبة اجتماعية هائلة .

وتتضح أهمية دور الوضع الاجتماعى فى نقل الأفكار الجديدة ، أحسن الوضوح فى تجربة أجريت على القرود ؛ فقد أمسكت قرود من البرية ودربت على تشغيل «ماكينة لبيع الموز» ، وبعد أن اكتسبت هذه الأفراد من القرود مهارة الحصول على الموز من الماكينة أطلق سراحها بين جماعتها الأصلية ومعها ماكينة بيع الموز . وأخذت القرود المدربة تشغل الماكينة البرية . وإذا كان القرد المدرب فى وضع اجتماعى راقٍ فإن بقية أفراد الجماعة يرقبونه بحرص ، وسرعان ما تتعلم القرود الأخرى هذا التكنيك . أما إذا كان القرد المدرب من وضع اجتماعى منحط فإن أفراد الجماعة لا يتعلمون أبدا – ويكون الأمر فحسب أن القردة الأرقى وضعا هم الذين يأخذون ثمار الموز .

وينبغي أن ننظر إلى هذه التجربة كنوع من المجاز - في مقارنة لتدفقات نقل التكنولوجيا في أوروبا القرن السابع عشر مع تدفقات نقلها في الصين .

على أن ثمة عاملا أهم كثيرا قد أسهم في تعجيل خطوات العلم والتكنولوجيا في أوروبا - أنه «آلة الطباعة» فإدخال المطبعة كان يمثل بالنسبة للأوروبا (وبخلاف الصين) شكلا رئيسياً جديداً من تكنولوجية المعلومات ، يزيد بقدر عظيم من قدرة الذكاء الجماعي البشري . ورغم أنه كثير ما يحدث أن يُرجع الفضل في اختراع آلة الطباعة إلى جوهان جوتنبرج في أربعينيات القرن الخامس عشر إلا أن هذه التكنولوجيا كانت موجودة قبلها لبعض الوقت في أوروبا وآسيا ، و جوتنبرج إنما قد أستكمل تجويد نواح معينة ، ولكن كانت التكنولوجيا قد انتشرت من قبلها انتشاراً واسعا بحيث أنه في ظرف ثلاثين سنة كان هناك ٢٣٦ آلة طبع في إيطاليا (حتى أصبحت فينيسا مركزا رئيسيًا للطباعة) و ٧٨ آله في المانيا ، و٦٨ آلة في أماكن أخرى . وبحلول عام ١٥٠٠ كانت آلات الطباعة في أوربا قد ذاد عددها مرة ثانية عن الضعف . ثم أصبح النشر أثناء القرن السادس عشر أمراً متميزاً عن الطبع . وهكذا فإن أنتويريب ، التي كانت من قبل مركزا تجاريا رئيسيًا ، أصبحت ايضا مركزا لنشر الكتب ، حيث كانت شركة بلانتين تملك اثنتين وعشرين مطبعة توظف ما يصل إلى ١٦٠ عاملا - وهذا يعد أستثماراً صناعيا كبيرا بالنسبة لأوائل القرن السادس عشر . والواقع أن شركة بلانتين كانت تتلقى بعض رأسمالها العامل من الملك فيليب الثاني بحيث إنها كانت نسخة مبكرة من مركز نشر جلالة الملكة * أي مكتب الطباعة الحكومي . ويمكن أن يقال نفس الشئ عن مطبعة «الديم» في فينسيا التي كان يرعاها البابا ، وكذلك دار النشر الفرنسية «إستين» التي تتلقى الاعانات من ملوك فرنسا .

وأهم الكتب من حيث حجم الطباعات كانت كتب العبادة : أي كتب الصلوات اليومية الكاثوليكية او مزامير البروتستانت الفرنسيين ، التي تضمنت في ١٥٦٩ طبعة من ٣٥٠٠٠ نسخة . وعلى المدى الطويل اصبحت الكتب المدرسية من الكتب ذات الاهمية الاعظم ، مثل كتاب ايرلسموس «العامية» لدارسي اللاتينية ، أو كتاب دي فيليديو «التعاليم» لتعليم النحو ، وكتب المراجع مثل كتاب بيسون «مسرح الادوات» والمراجع الاخرى التي كتبها راميللي وفيرانزيو ، ويرانكا ،وزونكا لتربط بين الفنون والحرف في الفترة الكلاسيكية . بل والاهم من ذلك هو المؤلفات الجديدة عن علم المعادن والتعدين والتكنولوجيا الكيميائية مما الفه بيرنجوشيو ، واجريكولا ، وايركر ، ولونايس . والحرفيون في اواخر القرن السادس عشر بخلاف سابقيهم في العصور الوسطى ، كانوا في وضع يمكنم من السترشاد بالتوصيفات والتعليمات التي يكتبها زمالاؤهم عبر اوروبا كلها .

* يقصد مركز النشر البريطاني الحكومي (المترجم) .

ولا شك أيضا فى أنه ما كان يمكن أن تتأسس أو تزدهر أى جمعية ملكية لو لم تكن طباعة أوراق البحث العملية قد أصبحت تكنولوجيا ذات نضج .

وكانت آلات الطبع موجودة فى الصين وفى الشرق الأقصى قبل دخولها لأوروبا بزمن طويل . وقد عرض الجناح الكورى في معرض ٨٦ في فانكوفر آلة طبع من هذا النوع تاريخها يسبق عهد جوتنبرج بما يزيد كثيرا على القرن . كما عرض فى الجناح أيضا نسخة مما أنتجته هذه المطبعة - وها هنا يكمن مفتاح السر الذى يبين السبب فى أن آلة الطبع قد ثبت أنها جد مهمة للذكاء الجماعى فى أوروبا، بينما ظلت جد قليلة الأهمية بالنسبة للصين ؛ ذلك أن تعلم قراءة لغة تكتب بالصور الصينية أمر يستغرق سنوات كثيرة من دراسة متفانية . وقاموس كانجسى للغة الصينية فى سنة ١٧١٦ بعد الميلاد يحوي قائمة من ٤٠٥٤٥ من الرموز (أونج ١٩٨٢) . وحتى تصل إلى أن تعرف حقا اللغة الصينية يستغرق ذلك طبيعيا عشرين سنة . ولم يكن هناك من يستطيع تخصيص وقت للدراسة بهذا الطول سوى كبار رجال الدولة والعلماء . وعلى النقيض من ذلك كانت فى أوروبا فى أواخر العصور الوسطى لغة صوتية عامة هى اللاتينية تتألف من ستة وعشرين حرفاً (بالإضافة إلى عشر أرقام للأعداد العربية) وكانت هى اللغة الطبيعية لآلات الطباعة . وهكذا كان فى الإمكان تعلم القراءة في فترة من أسابيع . وبالتالى فإن الكنيسة كانت تتألف من أعضاء هم عموما من المتعلمين (بما فيهم الرهبان) ، بل إن الكثيرين من الطبقة الأرستقراطية وطبقة التجار أصبحوا هم أيضاً متعلمين . وبالإضافة فإن الكتبة الذين كانوا يمكنهم القراءة والكتابة أصبحوا كثيرين ورخيصين . وسرعان ما وجدت آلات الطباعة الأوروبية سوقا كبيرا لمنتجاتها .

وإذن ، فإن الذكاء الجماعى لأوروبا أمكن له التوصل إلى وجهين رئيسيين من أوجه التقدم ، لم يتوصل إليهما الصينيون . الأول ، أن النصوص المطبوعة كانت تستطيع نقل المعلومات بدقة وسرعة أكبر كثيرا ، وذلك عن طريق إنتاج نسخ كثيرة متزامنة ، وفي نفس الوقت فأنها تعمل كمخزن مهم للمعلومات - أي ذاكرة جماعية. وثانياً، «فإن النظام التجارى» عمل كوسيلة نقل تتزايد فاعليتها في نقل التكنولوجيا ، أى أن النظام التجاري حسّن كثيرا من الجهاز العصبى عبر الأوروبى ، محولاً المعلومات والأفكار الجديدة لتدور عبر طول وعرض أوروبا .

وإذا كان ظهور ذكاء جماعى فائق فيما يتلو عصر النهضة فى أوروبا هو الذى يفسر رقيها النهائى فوق سائر العالم - بما فى ذلك الصين - فلابد وأن النجاحات الأقدم للصين يمكن إرجاعها إلى ما كان عندها من ذكاء جماعى راق فيما يسبق ذلك . وهذه قضية يسهل إثباتها : فبعد أن وحّد كين الصين قامت أسرة هان العظيمة (٢٠٦ - ق . م - ٢٢٠ ميلادية) باختبار بيروقراطيين على درجة عالية من التعليم بواسطة امتحانات تنافسية ، وأسست جامعة فى العاصمة اكسيان ، وعملت على تشجيع المثقفين . ومع اختراع الورق انتشرت الأفكار الجديدة عبر البلد .

وقد يكون من المناسب عند هذه النقطة أن نذكر أنه ليس من برهان يدل على أن الذكاء «الفردى» الصينى أو الأوروبى يتفوق أحدهما على الآخر . على أنه يمكن إظهار المفارقة بين كفاءة نشر الأفكار بواسطة مخطوطات مكتوبة باليد تُنشر بين نخبة ضئيلة العدد من المتعلمين في الصين القديمة ، وبين الانتشار الضخم للكلمة المطبوعة بين الأغلبية الهائلة من الجماعات الحاكمة والدينية والتجارية فى أوروبا القرن السابع عشر والثامن عشر . ويطول أواخر القرن التاسع عشر أصبح تعليم الجماهير عقيدة أساسية فى الثقافة الغربية ، وكان فى هذا ما يفسر نجاحها بلغة من الحرب والاقتصاد معا. فالجيوش المكونة من الفلاحين أو الفرسان الجهلة لا تقارن قط بالجيوش التى تتألف من جنود قادرين على قراءة التعليمات والأوامر . وتشغيل وصيانة ماكينات القتل المتقدمة أمر يتطلب جنود متعلمين . أما من الناحية المدنية ، فيمكن قول نفس الشئ بالنسبة لنوعية القوى العاملة التى توجد فى الأساس من كل الاقتصاديات .

إن تفوق الثقافات إحداها علي الأخرى كان فيما مضى أمر بقدر كبير إلى الحظ ، فهو يتحدد حسب مدى إتاحة الموارد الطبيعية ، بالإضافة إلى الاستخدام الفعال للتكنولوجيا. والتكنولوجيا هى مما يعكس الوضع الاجتماعى كما تساهم أيضا فى تنامى الذكاء الجماعى للثقافة .

## ق ط : قبل الطباعة

عندما نركز على أهمية آلة الطباعة كقطعة من التكنولوجيا الثقافية التى أسهمت إلى حد عظيم في الذكاء الجماعى للمجتمع الأوروبى ينبغى ألا يغيب عن بصرنا التأثير العميق الذى أحدثته فى المجتمع البشرى الأشياء السابقة على الكلمة المطبوعة – أى تأثير الحروف الأبجدية ، والكلمة المكتوبة والكلام البشرى نفسه .

ووقت كتابة هذا فإنه يبدو أن تسلسل الأحداث التى تبعت ظهور اللغة البشرية الأصلية الأم – «لغة العالم البدائى» – كان تسلسلا كالتالى (انظر عرض شيفوروشكين ١٩٩٠) : يبدو على أساس من المكتشفات الأثرية ، مقرونة بتحليل أساسى لجدائل وحامض دنا*. إن الهوموسابينس الحديث (أى هوموسابينيس سابينس) قد بدأ أصلا في شرق إفريقيا منذ حوالى ١٠٠٠٠٠ سنه . وبدأ الحديث بلغة العالم البدائى حوالى ذلك الوقت . وأخذ هؤلاء البشر الجدد الأوائل يهاجرون ، ونجد أن اللغات التى تطورت

* حامض دى أوكسى ريبونيوكلييك المكون الأساسى للجينات فى نواة الخلية . (المترجم) .

عن لغـة العـالم البـدائى – وكـان ذلك أولا فى شكل لهـجـات ثم فى شكل لغـات متميزة – تتطابق بشكل مذهل مع مسارات الهجرة التى اتخذها أجدادنا الأوائل .

وأول تفرع كان يشمل الأفراد المتكلمين بلغة قبائل الخويز – وهم قبائل الهوتنتوت والبوشمان والقبائل الأخرى فى جنوب إفريقيا – وهذه هى أقدم كل الشعب اللغوية. ثم نتج عن تفرع آخر المتكلمين بالكنجولية – الصحراوية ، وهؤلاء أناس فى وسط وشمال إفريقيا . وفيما يحتمل فإنه منذ ٣٥٠٠٠ سنة مضت كان أحد اشتقاقات لغة العالم البدائى يتطور بين مستوطنى الشرق الأوسط لينشأ عن ذلك لغات بدائية أخرى لاحقة تشمل اللغات النوستراتية ، والصينية – القوقازية والإسترية ، وما بين الهندى والباسيفيكى والأمريندية *. والأخيرة كان يتحدث بها المهاجرون الأوائل من آسيا إلى أمريكا منذ حوالى ١٢٠٠٠ سنة . ثم حدثت موجة بعد ذلك منذ حوالى ٩٠٠٠ سنة ، حيث الحديث بلغة مشتقة عن الصين – قوقازية وتسمى النادينية . وكان آخر من وصل منذ حوال ٦٠٠٠ سنة هم الإسكيمو – الإليوتيين الذين كانوا يتكلمون بلغة قريبة من الألتايكية ، وهى لغة مشتقة من اللغة البدائية القديمة فى الشرق الأوسط التى تسمى النوستراتية . واللغة الألتايكية نشأت عنها اللغة اليابانية والكورية والتركوية . واللغة النوستراتية كانت موجودة منذ ١٤٠٠٠ سنة ، ثم حدث عبر الأربعة آلاف سنة التالية أنها لم تقتصر على أن ينشأ عنها اللغة الألتايكية فى الشرق الأقصى ، وإنما نشأ عنها أيضا الأورالية فى الشمال ، والهند و أوروبية فى شريط عريض يمتد من أوروبا للهند، والأفرو آسيوية محليا . والأفرو آسيوية نشأت عنها السامية ، وهى اللغة السابقة للعبرية والعربية . ومنذ ٣٠٠٠ سنة تجزأت الأسرة الهند و أوروبية إلى خمس مجموعات لغوية رئيسية فى أوروبا (البلطيقية والسلافية والإيطالية والتيوتونية والكلتية)، وفى فارس والهند تجزأت إلى الإيرانية والهندية ، وقد نشأ عن كل منهما بدوره حوالى عشرين لغة . ثم زاد انقسام القبائل (التيوتونية لغويا عبر الألفى عام الماضية فى شمال وغرب أوروبا لتنقسم إلى القوطية (انقرضت) ، والألمانية والدانمركية والنرويجية والسويدية والأيسلندية والهولندية والإنجليزية . ووقعت أحداث مشابهة فى أجزاء أخرى من العالم بما يفسر التنوع الإثنى للآلاف الكثيرة من الشعوب واللغات الموجودة فوق كوكبنا هذا .

والكلام البشرى لم يظهر إلا بعد عملية تطورية طويلة . ويقدم فيليب ليبرمان أستاذ العلوم الإدراكية واللغوية فى جامعة براون ، عرضا ( ١٩٨٨ ) لما حدث تدريجيا من

*اشتقاق مركب من الأمريكية والهندية ( المترجم ) .

حفز متبادل وتكامل بين تطور المخ والتشريح الصوتى ، وذلك أثناء العديد من مئات الآلاف من السنوات الماضية ، وهذا أمر لابد وأن يسبق الازدهار الكامل للكلام البشرى .

فى كل القردة العليا نجد أنها ، مثلها مثل أطفال البشر الذين فى سن يقل عن ثلاثة أشهر ، تنقصها التكوينات التشريحية اللازمة للمدى الكامل من أصوات الكلام البشرى . وهذا العجز ينعكس أساسا من موضع صندوق الصوت – أى الحنجرة – فهى تقع فى أعلى حلق هذه الجماعات غير المتكلمة ، بينما تكون فى أسفله عند أفراد البشر البالغين . وكما يؤكد ليبرمان فإن : « التشكيل العام للجهاز الصوتى أمر جد مهم لتوليد ذبذبات أساسية بحيث إن القدرة على الكلام لا تتأكد واقعيا إلا عندما يتم لصندوق الصوت أن يتقهقر فى داخل الحلق» .وكل الثدييات فيما عدا «الهوموسابينز»، تستطيع أن تتنفس وتشرب فى نفس الوقت . وهذه الوسيلة التسهيلية المفيدة ناجمة عن وضع الحنجرة عاليا فى الحلق بحيث توصل المسالك الأنفية مباشرة بالقصبة الهوائية التى تؤدى إلى الرئتين ، بينما الطعام والمياه يتدفقان من حولها وهما فى الطريق من الفم إلى المرئ ( الذى يوصل السائل لأسفل إلى المعدة ) . وهذه النعمة من التمكن من الشرب والتنفس فى نفس الوقت ، تمتد لتشمل أطفال البشر فى الشهور المعدودة الأولى من حياتهم عندما لا يكون لديهم بعد أى شئ يقولونه فيما بينهم .

وعلى النقيض فإن البالغين من البشر الذين تراجعت حنجرتهم لأسفل من داخل الحلق يغصون حتى الموت بمئات الأعداد فى كل سنة . والطبيعة لا تكون قط على هذه الدرجة من الاهمال : فلا مجال لأن يحدث أن يحبذ الانتخاب أى صفة وراثية ضارة إلا إذا ثبت أن هذه الصفة هى بطريقة أو أخرى تمد بميزة انتخابية قوية . وفى حالة الحنجرة التى تنزل لأسفل ، نجد أن من الواضح أنه يحدث عند البشر عكس للأهمية النسبية لوظيفتى هذا العضو – فهو فى الثدييات الأخرى قد صمم أساسا لتسهيل الشرب ، ويقوم فحسب بدور ثانوى حين يعمل كصندوق للصوت . وهكذا كان هناك ضغط انتخابى قوى من أجل الوصول إلى القدرة على تغيير طبقة الصوت ، وبالتالى الإفصاح بالكلام . وفى رأى مؤلف هذا الكتاب ، أنه يبدو من غير المحتمل إلى حد كبير أن يكون الضغط الانتخابى هنا بالغ القوة هكذا ما لم يكن يوجد من قبل نظام أساسى للاتصال وإصدار الإشارات . ونظام كهذا لعله أيضا كان مدعوما «بحركات إيمائية» تفوق الإشارات المعقدة التى تحدث بين الرئيسيات الراقية كجزء من ذكائها الاجتماعى المتقدم .

والإيماء ، والكلام الذى تبعه قد وسعا من الذكاء « الاجتماعى » عند أجناس الإنسان ليصبح ذكاءً «جماعيا» يتزايد فعالية .

ولم يقتصر الأمر على انتقال الحنجرة لأسفل داخل الحلق ، بل إن اللسان أيضا تحرك وراءً ، بينما زاد الفك قصرا وفقد بعض أسنانه . وبالتالى ، فقد أصبح الفم أقل كفاءة بالنسبة للأكل ، وتكيف تكيفا أفضل للحديث - وهذا مؤشر آخر على أن الطبيعة كانت تساعد على الكلام * .

وفى أثناء تطور الحلق إلى جهاز صوتى هو دائما يزيد كفاءة ، حدث أيضا تطور للمخ . كمثل فإن التعامل مع عضلات الحلق والفم يتركز فى الثدييات فى القشرة الجبهية . وفى القردة العليا تقع المنطقة الحركية التى تتحكم فى هذه العضلات تجاه مؤخرة الجانب الأيسر من القشرة الجبهية الوحشية ، حيث تقع تقريبا منطقة بروكا فى المخ البشرى . ومنطقة بروكا قد سميت على اسم عالم الأعصاب الفرنسى الذى اكتشفها فى الماضى فى عام ١٨٦١ : والأفراد الذين يصابون بآفات فى هذه المنطقة يعجزون عن إصدار كل الحروف المتحركة والساكنة التى تكون الكلام البشرى . ولابد أن منطقة بروكا قد تطورت إلى جهاز تحكم رهيف الكلام ، متطورة بذلك عن وظيفتها القديمة فى الرئيسيات كجهاز تحكم أشد بدائية لعضلات الحلق والفم . وكما يذكر ليبرمان بصراحة «رغم شومسكى **، الميكانزمات العصبية المصاحبة للغة ، لها نظير فى أمخاخ أسلافنا» .

والكلام البشرى قد أعطى لمبتكريه ، ميزة هائلة تفوقوا بها على أبناء عمومتهم البكماء ، ويظهر هذا فى سجل الحفريات . «فالهوموسابينس سابينس» الذى بدأت نشأته فى شرق إفريقيا غزا أوروبا وأزاح إنسان النيندرتال الذى لم يكن مخلوقا غبيا ، ولكن أصواته الناخرة لم تكن لتصل إلى مرتبة التعليمات التى يفصح بها أبناء عمومته الجدد . وكما يبين ليبرمان فإن الأجهزة الصوتية بما هى عليه لا تترك أى سجل حفرى . وعلى أن تشريح جهاز الكلام البشرى هو بحيث إنه يتطلب انحناءً كبيرا عند قاع الجمجمة . وعلى النقيض من ذلك فإن «قاع الجمجمة الأكثر استقامة وغير المثنى هو الطابع المميز للأجهزة الصوتية غير البشرية . ويصدق ذلك على جمجمة إنسان نيندرتال .. بما يدل على أن ... هذا الجنس من الإنسان البدائى كان غير قادر على الكلام البشرى» ( ليبرمان ١٩٨٨ ) . وأقدم جماجم معروفة تظهر قاع الجمجمة

---

*على من تسؤهم الطبيعة الغائية لهذه المقولات ، أن يتفضلوا بتذكر أننا إذ ننسب أى «دافع إلى الطبيعة» فإن هذا يمثل وسيلة أدبية . ومفهوم الطبيعة قد أنشأه البشر ، وهو إلى حد كبير يشير إلى الكون من خارج البشرية ، والذى لا يمكن بلا شك أن يقال عنه إن لديه دافعاً . على أن التطور ظاهرة حقيقية تحدث فى الكون من خارج البشرية ، وبالتالى فإن الطبيعة تظهر تطورا . ولما كانت عملية التطور تعتمد على عمليات فرعية من التباين والانتخاب ، فقد يكون من غير الدقيق أن نقول إن « الطبيعة تنتخب ذلك ... أو أن الطبيعة تفعل ذلك .... وإن كان قولنا هذا ليس خطأ

** شومسكى من أكبر علماء اللغويات المعاصرين فى أمريكا . ( المترجم ) .

مثنيا بدرجة كبيرة قد تم استخراجها من موقع بروكن هل بزامبيا ، وهو موقع يبلغ عمره ١٥٠٠٠٠ سنة . وهذا يتواءم مع فكرة أن لغة العالم البدائى بدأ الحديث بها فى شرق إفريقيا منذ حوالى ١٠٠٠٠٠ سنة .

لماذا يكون الكلام البشرى جد مهم لتطور الإنسانية ؟ لأن الكلام البشرى قد أدخل بعدا جديدا بالكامل إلى الذكاء الجماعى البشرى . فهو يمثل نقلة رئيسية فى تطور الذكاء ويمكن لنا استيعاب عمق مفعوله بأن ننظر إلى تأثيراته : فالكلام البشرى قد أتاح الاتصال عبر الأجيال بحيث أمكن إقامة مخزون من الحكمة الجماعية بسرعة أكبر كثيرا مما يتم باستخدام الوسائل الأخرى (مثل التعليم بالمحاكاة) . وأصبح التطور الثقافى الآن أكثر أهمية من التطور البيولوجى ، وتفوق الميم على الجين . والحقيقة ، أن من المحتمل أن الزيادة الكبيرة التى حدثت فى حجم المخ فى أجناس الإنسان الأخيرة ، تمثل القيمة الانتخابية العالية التى وضعت فى أمخاخ أسلافنا من البشر البدائيين الذين أمكنهم تعلم وتذكر الكلمات ، ثم الإفصاح بالعبارات والجمل . وهذا هو الوقت الذى سما فيه الشاعر فوق الوحش .

أحدث اكتساب الكلام البشرى تحسنا فى الذكاء الجماعى ، الأمر الذى عجل من سرعة خطوات كل أشكال التطور التكنولوجى . ولابد أن الكلام البشرى قد هيأ المسرح لتدجين النبات والحيوان تدجينا أكثر فعالية ، وهذه التكنولوجيا تعد واحدة من أعمق التكنولوجيا – وهى الأساس لثورة العصر الحجرى الحديث – وقد أمكن بواسطتها تأمين حصول الأسرة على مدد غذائى مستقر على مدار العام . ويحاج كولن رينفريو بحجة فعالة ، وهى أن انتشار اللغة الهند و أوروبية من الأناضول حوالى ٨٥٠٠ سنة كان مصحوبا بانتشار الزراعة : فقد أمكن للقبائل التى تعمل بالزراعة أن تزيد من كثافتها السكانية بخمسين مثل لمعدل كثافة قرد واحد لكل عشرة كيلومترات مربعة ، وهو معدل الكثافة التى تميز بها المشتغلون بالصيد وجمع الثمار ، وأصبح مما لا مفر عنه أن تطرد القبائل الزراعية بزحامها القبائل الأقل تطورا من الناحية التكنولوجية ، وذلك باستثناء حالات الأماكن الحصينة المحلية التى أتاحت للسكان الأقدم الفطريين فترة كافية لالتقاط الأنفاس واستيعاب التكنولوجيات الجديدة ، مع الإبقاء فى نفس الوقت على ثقافتهم ولغتهم الأصلية . ويمكن أن يفسر لنا هذا وجود جيوب من الأفراد غير المتكلمين باللغات الهند وأوروبية مثل الباسك فى جبال شمال أسبانيا وجنوب فرنسا ، وهى لغة مشتقة من لغة شمال القوقاز البدائية ، وتدل على هجرة فى زمن ما قبل التاريخ حدثت منذ حوالى ٤٠٠٠ سنة من آسيا الصغرى (شيفوروشكين ١٩٩٠) .

## اختراع الكتابة

اختراع التمثيل المرئى « المكتوب » للكلمات والأفكار أمر قد تم وقوعه مرات كثيرة، ولكنه كان دائما مصاحب للثقافات المتقدمة فى أواخر العصر الحجرى الحديث أو ما بعدها : وأول كتابة عرفت هى ما كتبه السومريون فى ميزوبوتاميا منذ حوالى ٥٥٠٠ سنة ، وقد ظل أفراد البشر يرسمون الصور لآلاف لا تعد من السنين ، وذلك كوسائل مساعدة للذاكرة ولأهداف سحرية أو دينية ، وربما لأسباب جمالية فحسب . على أن هذه الصور تختلف عن الكتابة التى كما يوضح والترج . أونج (١٩٨٢) هى : «تمثيل (التفوه) بالكلمات التى يقولها أحد الأشخاص أو التى يتم تخيل أنه يقولها»

(ص ٨٤) . ويعرض أونج الأصول المتعددة للكتابات (ص ٨٥ – ٨٦) : المسمارية فى ميزوبوتاميا ٣٥٠٠ ق.م والهيروغليفية المصرية ٣٠٠٠ ق.م والخطية ب فى كريت والكتابة أومسينيا ١٢٠٠ق.م ، وكتابة وادى الهندوس ٣٠٠٠ – ١٤٠٠ سنة وكتابة مايا ٥٠ ميلادية ، والكتابة الأزتيكية ١٤٠٠ ميلادية . ويؤكد أونج على أهمية الكلمة المكتوبة على عكس الكلمة المنطوقة : «فالكلمة المنطوقة زائلة» : وعندما أنطق بكلمة (الدوام) فإنه مع وصولى إلى (١م ) تكون (الدو) – قد راحت ..» (ص ٣٢) . والمرء لا يستطيع أن يبحث عن الكلمات المنطوقة . ولكنه يستطيع البحث عن الكلمة المكتوبة .

على أن ازدهار فائدة الكلمة المكتوبة ازدهاراً كاملاً أمر لم يتم التوصل إليه إلا عند اختراع الحروف الأبجدية . ويوضح أونج (ص ٨٩ ) أن : «أكثر الحقائق روعة فيما يتعلق بالحروف الأبجدية هى ولاشك أنها قد اخترعت مرة واحدة فحسب» . وقد حدث ذلك حوالى ١٥٠٠ ق.م فى الشرق الأوسط . والشعب السامى الذى اخترعها استخدم أفراده فحسب حروفا ساكنة وأهملوا الحروف المتحركة ، التى من الممكن استنباطها من السياق . وهذه طريقة بارعة لضغط النص ، ولكنها جعلت من الأصعب جدا أن يتم تعلمها .

والإغريق هم الذين خلقوا الأبجدية الحديثة بأن حوروا من الأبجدية السامية السابقة لتتضمن الحروف المتحركة . وقد أدت هذه الخطوة إلى مقرطة * الكتابة – فأصبح من السهل على كل فرد أن يتعلم ( أونج ١٩٨٢ ص ٩٠ ) ، ويستشهد أونج ببحث أقدم لهافلوك (١٩٧٦) ليؤكد على أن تطوير هذه الأداة الثقافية – هذا التحويل الفعال للكلمات المنطوقة الزائلة إلى سجل دائم – قد أعطى ثقافة الإغريق القدماء تفوقها الثقافى على الثقافات القديمة الأخرى » .

---

* أى جعل الكتابة ديموقراطية ، بمعنى أنها شاعت بين الجماهير . ( المترجم ) .

ويتفق هذا الأمر مع المفاهيم التى بحثناها أعلاه ، ويمثل إحدى النقاط الرئيسية عند أونج (ص ٨٥) : فالكتابة ليست فحسب مهمة فى حد ذاتها ولكنها أيضا «تحدث تحولا فى الكلام كذلك» . وعلى هذا المنوال فإنه يرى أن : «الكتابة ... كانت وما زالت من بين كل الابتكارات التكنولوجية البشرية أكثرها خطرا،، .

إننا الآن يمكننا أن نتبأ عن إمكان نجاح أحد البلاد فى المستقبل بأن نفحص النظم التى تؤلف ذكاءه الجماعى . ويتضمن ذلك نظمه للاتصال والنقل (مثل إحصاء عدد التليفونات بالنسبة لكل فرد فيه) ، ونظم تخزينه للمعلومات واسترجاعها (مثلا عدد مكتباته وعدد قواعد المعلومات التى على الخط) ومدى تمويله للعلم والبحث ،وعلى وجه الخصوص مدى فعالية نظامه التعليمى .

## العصر الاتصالاتى *

لا يمكن للمرء أن يسبر التيارات الأعمق فى التاريخ البشرى بدون فهم لنمو وتطور الذكاء الجماعى .

أدت الثورة الإلكترونية فى هذا القرن إلى خلق مدى من الأدوات التى وسعت من الجهاز العصبى البشرى : فالراديو والتلفزيون والتليفون أصبحا امتداداً للأذن إلى مسافات بعيدة ، والفيلم السينمائى الذى كان فى أول أمره امتدادا للبصر وحده أصبح مقرونا بالصوت ، أما التليفزيون فهو منذ البداية يمثل امتداد البصر والسمع معا . وأخيرا ظهر الكمبيوتر كامتداد للمخ .

وقد مهدت الثورة الإلكترونية المسرح لظهور المزيد من التطورات بالنسبة للإلكترونيات الدقيقة . وبتأثير من هذه التكنولوجيا الجديدة انتقل المجتمع الغربى إلى عصر جديد من التاريخ البشرى : العصر الاتصالاتى .

ويتميز هذا العصر بالملامح التالية :

١- وجود بنية تحتية من اتصالات / معلومات ذات تطور راق معقد . ويتضمن ذلك التليفزيون والراديو والتليفونات وأجهزة التسجيل الصوتى وقواعد المعلومات الإلكترونية - حشد من من تكنولوجيات الاتصال الجديدة أو المحسنة . وبالاضافة ، فان الاتصال يزداد سهولة بواسطة نظام نقل محكم يتيح لعدد كبير من الأفراد التنقل للداخل أو الخارج من أى بلد معين أو من خلاله .

* المادة التى يغطيها هذا القسم ثم بحثها بتوسع كبير بواسطة المؤلف فى أعمال سابقة (انظر على وجه الخصوص ستونير ١٩٨٣ ، ١٩٨٥) .

٢- المظاهرة الإقتصادية للعصر الاتصالاتى يمكن تلخيصها بمصطلح الاقتصاد «بعد الصناعى» أو بدقة أكثر «اقتصاد المعلومات» .و «صناعة المعرفة» هى أسرع القطاعات نموا ، وقد أخذت تهيمن على كل النشاطات الاقتصادية الأخرى . وتتميز قوة العمل بنسبة مئوية متزايدة من مشغلى المعلومات الذين يزيد عددهم الآن زيادة هائلة عن من يعملون فى المزارع بل ويزيد أيضا عن من يعملون فى المصانع .

٣- المظاهر الاجتماعية والسياسية لما ذكرناه أعلاه هى : أولاً مجتمع يزداد اتصافا بالسلام ، سواء داخل الدولة أو ما بين الدول ؛ ثانيا ، اتجاه متزايد نحو مقرطة اتخاذ القرار وجعله بالاجماع .

٤- وإذ تتحرك البلاد لعمق أكبر فى العصر الاتصالاتى فإن كل مؤسسة ثقافية تتأثر واقعيا بما يحدث من تغير فى نظم الرأى والاعتقاد . وهذا لا يتضمن فحسب المؤسسات من نوع مؤسسات الحرب والدولة ، وإنما أيضا الدين والدور الذى يقوم به العمل والتعليم والأسرة والأعراف الجنسية .. الخ .

والتكنولوجيا الجديدة للمعلومات / الاتصالات تغير تغيرا عميقا من ممارسات الأعمال المالية . كما أنها سوف تغير العلاقة بين البيت والعمل . وبالمثل فإنها سوف تغير العلاقة بين البيت والمدرسة . وسوف يتأثر التعليم نفسه تأثرا عميقا : فبالإضافة إلى الكمبيوترات التى تمدنا بتكنيكات تربوية جديدة (مثل التعلم بالاستعانة بالكمبيوتر) وإلى مجموعة شتى من الوسائل المساعدة الثقافية (مثل الآلات الصغيرة للجيب من آلات حاسبة أو آلات معالجة الكلمات) ، وبالإضافة إلى هذا كله سوف تتيح لنا تكنولوجيا المعلومات مصادر جديدة للمعلومات وطرائق جديدة لاكتشاف الأشياء (انظر عرض ستونير وكونلين ، ١٩٨٥) .

سوف تتغير وظيفة المكتبات . وتصبح المكتبات جزءا من نظم المعلومات والاتصالات المتكاملة . وهذه الشبكات المؤسسة على الكمبيوتر سوف تتيح إرسال النص والصوت والأشكال والصور والوثائق ... الخ ، وسيصبح البريد الإلكترونى والصحف الإلكترونية جزءا من هذه النظم .

وستنشأ هذه النظم وتستخدم فى أول الأمر بواسطة المكتبات وأقسام المحفوظات والجامعات ومكاتب الحكومة والمؤسسات التجارية ، إلا أنه مع انخفاض الأسعار سوف ينتهى الأمر بوجودها فى كل بيت . وبالتالى فإن العلاقة بين المكتبات والجمهور العام سوف تتغير . وكمثل فإن المكتبات كمصدر لأجزاء مخصوصة من المعلومات سيتم التحول عنها تحولا متزايدا عندما تُربط الكمبيوترات المنزلية بقواعد معلوماتية كوكبية . وفى نفس الوقت سيكون على رجال المكتبات أن يصبحوا محنكين حنكة متزايدة ، لأن دورهم سيزداد ويزداد مماثلة لدور علماء الإبستمولوجيا ومنظرى المعلومات من ناحية ، ولدور مستشارى المعرفة من الناحية الأخرى .

## الجهاز العصبي الكوكبي يبزغ

بإدخال الإلكترونيات الدقيقة للجوامد أصبح ذلك يعنى أن كل أشكال أدوات الاتصالات الإلكترونية التقليدية كأجهزة الراديو والتليفزيون .. الخ . كلها قد صارت مما يوثق به وثوقاً أكبر ، وصارت أسهل فى صيانتها وتشغيلها وأكثر تحملا وأقل تعرضا للكسر ، وأقل استهلاكا للطاقة ، وأسرع تشغيلا وأكثر دقة وكفاءة ، وأخف حملا ، وأرخص ثمنا . ونتيجة ذلك هى أن تنتشر أجهزة الاتصالات عبر العالم كله - وقد أصبحت هوائيات التليفزيون تمتد الآن بارزة فوق الأسقف القشية لبيوت نهرتاى ، وتدوى راديوهات الترانزستور فى النجوع النيبالية بجبال الهيملايا ، وتباع أشرطة أفلام الفيديو فى الدكاكين على رأس الشوارع فى كل مدينة رئيسية تقريبا - ثم ظهر التليفزيون الكوكبى فى الثمانينيات تحت تأثير أنظمة تسجيل الفيديو الأرخص ثمنا ، وتليفزيون الكابل ، والقمر الصناعى مصحوبا بالهوائيات المنزلية التى تلتقط الإشارات ويزداد رخص ثمنها . كما أن نظام التليفونات أصبح فى نفس الوقت يتضاعف عددامع مرور كل عقد .

وقد أدى هذا كله إلى ظهور «القرية الكوكبية» التى ذكرها مارشال ماكلوهان . ومفهوم القرية الكوكبية يمكن توضيحه بالحكاية التالية : حدث فى عام ١٩٨٥ أن نشب حريق مأساوى فى استاد بكرة القدم فى برادفورد بشمال إنجلترا .ومات فى هذا الحريق ما يقرب من ٦٠ شخصا. وكان بيت المؤلف يبعد ما يقرب نصف الميل من مشهد هذا الحريق ، ولكن ما عرفه المؤلف عن الحريق كان أقل كثيرا مما عرفه ابنه فى نيويورك الذى رأى الحريق على التليفزيون فى خلال ساعتين من وقوع الحدث - وكذلك أيضا فعلت ابنته فى باريس . وكانت هناك طالبة تقيم فى الجامعة على بعد ما يقرب من الميل من مشهد الحادث ، ولكنها سمعت به من والديها فى إيطاليا ، فقد تلفنا إليها فى ذلك المساء للتأكيد من أنها على ما يرام . وبهذا فإن تفاصيل الحدث قد عرفت عبر العالم كله بأسرع مما استطاع به الأفراد المحليون أن يجمعوا تفاصيله .

وبالمثل ، فإنه عندما انفجر مكوك الفضاء " تشالنجر " بعد إطلاقه بوقت قصير أصيب العالم كله بصدمة وشارك فى آحزان الناس فى كيب كاندى الذين شهدوا الانفجار . ونجد فى كلا هذين المثلين أن الجهاز العصبى الكوكبى يعطي المعلومات لذكاء جماعي كوكبى . أما الذكاء الذى استقصى أمر هذين الحدثين ليبحث توقى تكرار حوادث مشابهة ، فهو ذكاء ينزع لأن يكون فى أغلبه ذكاءً جماعيا " قوميا " على أنه حتى هذا الذكاء الجماعى القومى قد عززت منه المشورة التى أعطتها الأمم الأخرى ، وقد تلقى صندوق برادفورد لإغاثة الضحايا وعائلاتهم هبات من أرجاء العالم كله .

ويمثل عالم الأموال وجها آخر جد مختلف من وجوه العولمة التى ترتبت على خلق شبكة عصبية كوكبية . فتدفقات المال والتجارة والماليات تمثل نظاما متفاعلا يتضمن سوق المال ، وصندوق النقد الدولى ، والبترو دولارات ، وأسواق الأوراق المالية فى أنحاء العالم ... الخ . ولم تعد شئون البنوك وأسواق الأوراق المالية تدور حول النقود: وإنما هى تدور حول المعلومات المحوسبة كمبيوتريا – ولم تعد تحدها الحدود الدولية بأى طريقة ذات مغزى . وقد سبق الإشارة إلى حجم هذه التدفقات فى ١٩٨٤ عندما سجل هنرى واليش محافظ بنك الاحتياط الفيدرالى للولايات المتحدة أن التعاملات اليومية فى سوق تبادل العملات الأجنبية فى نيويورك وصلت فى ١٩٨٣ إلى ٢٦ بليون دولار – أى ما يصل إلى ضعف إجمالى الناتج القومى للولايات المتحدة وإلى عشرة أمثال حركة أمريكا اليومية فى الصادرات مضافا إليها الواردات .

وبالتالى ، فإنه ليس مما يدهشنا أن يتوصل عالم الاقتصاد الفرنسى ألبرت بريساند فى أوائل الثمانينيات إلى أن يصف « الاقتصاد العالمى » بأنه نظام سيبرناطبقى * كوكبى .

## المخ الكوكبى يبزغ

(الجهاز الأوتوماتيكى للتنبيه إلى موضوع الإسناد) جهاز يتم تشغيله فى معهد المعلومات العلمية فى فيلادلفيا ، وهو يشكل أداة مساعدة هائلة للباحثين عبر العالم كله . وهو يقرأ مجلات العالم وينبه العلماء وغيرهم من الباحثين وكلما ظهرت أى كلمة من كلمات المفتاح فى عنوان مقال بمجلة ، وكلما نشر أحد الباحثين مقالا من هذا النوع المفتاح، أو عندما يتم الإسنادإلى باحثين معينين من هذا النوع المفتاح فى آخر المقال . ومن الممكن أن يجعل اسم الباحث نفسه متضمنا كباحث مفتاح على أساس من النظرية بأن أى فرد ينشر ورقة بحث تسند إلى اسمه (أو اسمها) سيغطى فيما يحتمل موضوعا له أهميته للباحث . وكنتيجة لهذا المدخل يصبح فى الإمكان أن نتنبه إلى المقالات التى تنشر فى المجلات غير المشهورة فى أى جزء من العالم .

وقد ألمحنا فيما سبق إلى أهمية إنشاء تراث ثقافى شفاهى وما يعقب ذلك من أنه يصبح مكتوبا ، بحيث يمرر هذا التراث المعلومات من جيل إلى التالى . وفى هذه العملية يصبح لها فى الوقت المناسب مؤسساتها . وفى أوروبا الغربية مثلا أصبحت

* نسبة إلى السيبرنا طبقا ، وهى علم دراسة الاتصالات والتحكم فى النظم العصبية للكائنات الحية ومحاكاة الآلات لها ( المترجم ) .

الأديرة والكنائس ودور المحفوظات والمتاحف والجامعات والمكتبات جزءا من التراث الثقافى ، كما أنها أيضا دعمته . ومعظم هذه التكنولوجيات قد نشأت أيضا فى الحضارات الأخرى المتقدمة فى العالم كله .

وتمثل المؤسسات المذكورة أعلاه وسيلة لتخزين واسترجاع المعلومات ، ولكنها ليست بالضرورة وسيلة لتنظيمها أو لتنميتها . على أن هذا قد تغير مع ورود رجال المكتبات المحترفين حيث كان عملهم هو تناول المعلومات و تنظيمها فى تصنيفات منطقية . وهذه الخطوة لتنظيم المعلومات فى المكتبات ودور المحفوظات هى التى حسنت من قدرات استرجاع المعلومات ، وبالتالى حسنت من الكفاءة العامة للمخ الجماعى .

وكما ندرك جميعا ، حدث تحسن هائل فى السنوات الأخيرة المعدودة مع ظهور نظم الاختزان التى لا تتيح فحسب تخزين معلومات أكثر بالنسبة لكل وحدة مساحة ، وإنما الأهم من ذلك أنها تتيح استخدام أجهزة الكمبيوتر للمساعدة على استرجاع هذه المعلومات المختزنة .

وكان ظهور أدبيات البحث المؤسسة على الكمبيوتر يمثل الخطوة التالية فى الانتقال من ذاكرة بسيطة بكماء إلى نوع بحث جديد عن المعلومات ذات العلاقات المتبادلة والتى تمثل إحدى الخطوات الأساسية فى الأشكال الراقية من التفكير . وثمة تحسن قد حدث عندما أصبحنا نبحث فى الأدبيات بواسطة الكمبيوتر بأن نبحث عن الكلمات المفتاحية والمؤلفين المفتاحيين وهذا التحسن فيه عون هائل للعلماء الذين يمارسون الأبحاث والذين أربكهم الانفجار المعلوماتى .

وإضافة الماكينات الاستدلالية إلى قواعد المعلومات قد أدت إلى خلق نظم خبيرة * ومن الأمثلة الأخرى لقواعد المعلومات التى أصبحت تتزايد حنكة ، حقيقة أن علماء الكيمياء العضوية يمكنهم استثارة الجهاز بشأن التراكيب الجزيئية . وهذه الحقيقة تمثل أيضا شكلا من أشكال التحليل الميكن ، وهو أمر لم يكن يحدث قبل ذلك إلا داخل رؤوس الناس .

والربط بين قواعد معلومات عديدة سواء عبر فروع المعرفة المختلفة أو عبر البلاد المختلفة ، واقتران ذلك بظهور النظم الخبيرة عبر الدولية ، هذا كله يشكل انبثاق مخ كوكبى ذى فعالية متزايدة .

وتطبيقات هذه التكنيكات للذكاء الاصطناعى تعنى أنه سيمكن للأفراد من البشر القيام بتصنيف واستيعاب مسبق لقدر كبير من المعلومات على نحو يساعد على اتخاذ القرار . وسوف يتزايد اعتماد أفراد البشر على ما يكافئ المخ الكوكبى ليؤدى لهم بعض قدر من التفكير الابتدائى .

---

*النظم الخبيرة : تطبيق حديث للذكاء الاصطناعى يهدف إلى بناء آلة لها خبرة لحل المسائل كالإنسان (المترجم)

كما أن تحليل النظم المركبة مثل الطقس سوف يعتمد اعتمادا متزايدا على الكمبيوترات . ويحدث ربط لأجهزة الكمبيوتر بنظم المتابعة التى تتكون من أقمار الطقس الصناعية والقياسات الأرضية والهوائية ، بالإضافة إلى صورة كوكبية مقرونة بنظرية معقولة عن تشكيل الطقس ، وهذا كله يمثل تحسنا رئيسيا فى التنبؤ بحالة

الطقس . وهذا فحسب استمرار لعملية ظلت تجرى لبعض زمن ، ويمكن أن يستخدم كنموذج للتطورات الأخرى للمخ الكوكبى .

وفى لحظتنا هذه نجد أن من أكثر هذه الأشكال التكنولوجية تقدما ما يوجد فى العسكرية . فالقوى الكبرى لها القدرة على الحفاظ على نظام متابعة كوكبى يتيح للضباط العسكريين الاعتماد على ثروة حقيقية من المعلومات الحديثة . وباقتران ذلك باتخاذ القرارت بالاستعانة بالكمبيوتر فإن ساحات المعارك قد أصبحت ساحات معارك إلكترونية ، سواء كان ذلك على المستوى التكتيكى أو المستوى الإستراتيجى . ومع نظم «حرب النجوم» فإن ساحات المعارك الإلكترونية تصبح كوكبية .

والكثير من الاستخدامات العسكرية للتكنولوجيا الجديدة للمعلومات / الاتصال يستلزم المحاكاة . والمحاكاة تستخدم أيضا فى القطاع المدنى ، كما مثلا ، فى تدريب طيارى الخطوط الجوية . ومع استمرار تطوير نظم آلات الذكاء الكوكبى ، فسوف تكون لها القدرة على أن تحاكى المزيد والمزيد من القضايا المعقدة - ليس فحسب الطقس أو أيض الخلية البشرية ، وإنما أيضا النظم المعقدة الاقتصادية والسياسية . وبالتالى سوف يتزايد أن يعتمد اتخاذ القرار فى المستويات الحكومية على استخدام ذكاء الآلة .

إن ما نأمله هو أن هذه الأمخاخ المنفصلة ستتجه إلى الاندماج بحيث توفر للحكومات وغيرها من جهات إصدار القرار صورة كوكبية بدلا من أن تكون صورة محدودة الأفق ، بحيث تمدهم بطريقة تناول لحل المشاكل تكون طريقة كوكبية بدلا من أن تكون طريقة ضيقة الأفق ، ومن الحقيقى فى لحظتنا هذه أن العالم يبدو منقسما إلى جماعات متنافسة سياسيا واقتصاديا . على أن التقييم الموضوعى لما ظل يحدث فى العالم بظهور المجتمع الاتصالاتى يبين لنا أن هناك ضغوطاً تكاملية قوية جدا تحدث تأثيرها فى اتجاه ظهور مجتمع كوكبى حقا . ومن بين أقوى هذه الضغوط ما يحدث من تكامل للنظم عبر الدولية للمعلومات الإلكترونية / ذكاء الآلة .

وما يحدث من إدماج الكمبيوترات مع وسائل الإتصال البعيد فى شبكة كوكبية ذات كفاءة عالية بشكل ما أسماه جورج بوجلياريللو (١٩٨٨) بأنه مخ تعاونى شامل - «مخ فائق» . وبوجلياريللو رئيس جامعة البوليتكنيك ، يعرف المخ الفائق على أنه «شبكة كوكبية متقدمة للإتصالات البعيدة والمعلومات ، حيث يتألف كل جهاز طرفى من محطة ذكية» . وكل عقدة * هنا ،

---

* تشبيه بعقد الجهاز العصبى . والعقدة فى الاتصالات هى نقطة وصل فى شبكة مثل كمبيوتر أو جهاز طرف ( المترجم ) .

بدلا من أن تكون أحد العصبونات ، تكون شخصا يتضمن ترليونات من العصبونات . وفى الوقت المناسب ، سوف يصبح كل شخص مقرونا لا فحسب بجهازه للكمبيوتر الشخصى - وإنما أيضا بآلاف أخرى من هذه العقد من الذكاء البشرى - الآلاتى ، ويكون هذا نتيجة منطقية للتنظيم المجتمعى البشرى .

ونحن ما أن ندرك مفهوم الذكاء الجماعى فإننا سنتمكن من أن نتبين بزوغ الذكاء «الكوكبى» فوق كوكبنا هذا . ويتكون هذا الذكاء الكوكبى من عدد من العقد التى تتزايد أبدا ، وتتشكل هذه العقد من مزيج من ذكاء الآلة وذكاء البشر (الذكاء الفردى والجماعى معا) . والشبكة الإلكترونية الكوكبية البازغة التى ستعمل كجهاز عصبى كوكبى ، هى التى ستحدث تكاملا لهذه العقد . وهذه العملية ، من حيث المبدأ ، لا تختلف عن تطوير الأجهزة العصبية البدائية إلى الأمخاخ المتقدمة للثدييات : فيحدث لعدد قليل نسبيا من الخلايا العصبية ذات الترابط الضعيف نسبيا ، أن تتطور إلى عضو يتآلف من ترليونات من الخلايا التى تترابط ترابطا جد متقن بحيث إن فهمنا لطريقة عمله ما زالت أمرا يروغ منا . وبالنسبة لتطوير المخ الكوكبى فإننا نتعامل مع عملية موازية ، ولكنهما عند مستوى من التركب أعلى كثيرا من ذلك : فنحن سنتعامل الآن الذروة النهائية نفسها من الطيف المعروف للذكاء .

وسوف نناقش هذا الموضوع بتفصيل أكثر فى فصول تالية . على أنه يمكننا الآن فحسب أن نتوقف لحظة لنقدم إجلالنا لواحد من أعظم العقول فى أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين ، وهو هـ . ج ويلز - الذى تنبأ بوضوح بظهور ما أسماه " عقل الجنس " * . ولم تكن توجد فى أيام ويلز مصطلحات من مثل " تكنولوجيا المعلومات " ، فقد كان ذلك يسبق بزمن طويل الوقت التى ظهرت فيه الكمبيوترات ، ويسبق حتى بزمن طويل جداً الوقت الذى فكر فيه أى واحد فى المعلومات ككيات مجرد . على أن هناك شكلاً واحداً من أشكال تكنولوجيا المعلومات كان مألوفا تماما للجميع - وهو الأدب - وكان ويلز يفهم تماما أهميته : " لاشك أن من الحقيقى أن الأدب هو نوع من العقل الفائق للجنس " ( ويلز ١٩١٥ ، ص ١٦٧ ) .

**Literature Cited**


M Boden (1987) Artifial intelligence : cannibal or missionary ? AI & Society 1 (1) : 17-23.

A Bressand (1983) Mastering the "Worldeconomy" Foreign Affairs 61 (4) : 772.

L Buliarello (1988) Toward hyperintelligence, Knowledge : Creation, Diffusion, Utilza-tion 10 (1) : 67-89.

RL Carneiro (1981) Herbert Spencer as an anthroplogist, J. Libertarian Stud. 5(2): 153-210.


* المقصود هنا الجنس أو العرق البشرى . ( المترجم )

K Cooper (1986) quoted in The Times Higher Education Supplement 11 April 1986, p. 11.

R Dawkins (1976) Memes and the evolution of culture, New Sci. 72:208-210.

R Forsyth and C Naylor (1985) The Hitch - Hiker s Guide to Artificial Intelligence, Chapman and Hall / Methuen, London.

NR Franks (1989) Army ants: A collective intelligence, Am. Sci. 72 : 138- 145.

EA Havelock (1976) Origins of Western Literacy, Ontario Institute for Studies in Education, Toronto.

WD Hillis (1985) The Connection Machine, The MIt Press, Cambridge, Mass.

BK Hölldobler and EO Wilson (1977) Weaver ants, Sci. Am. 237(6):146-154.

P Lieberman (1988) Voice in the wilderness, The Sciences, New York Acad. Sci. July / Aug 1988. pp. 23-29.

GA Miller and PM Gildea (1987) How children learn words, Sci. Am. 257(3) : 86-91.

WJ Ong (1982) Orality and Literacy - The Technologizing of the Word, Methuen, London.

A Pais (1986) Inward Bound, Clarendon Press, Oxford.

C Renfrew (1989) The origins of Indo-European languaes, Sci. Am 261 (4):106-114.

V Shevoroshkin (1990) How linguists have reconstructed the ancestor of all living languages, The Sciences, New York Acad. Sci. May / June 1990. pp. 20-27.

T Stonier (1981) The natural history of humanity: past, present and future, Int. J. Man- Machine Stud. 14:91-122.

T Stonier (1983) The Wealth of Information: A Profile of the Post - Industrial Economy, Thames / Methuen, London.

T Stonier (1984) Communicative Society: A New Era in Human History, Gold Paper No. 5, The Foundation for Public Relation Research and Education, London.

T Stonier (1986a) Towards a new theory of information, Telecom. Policy 10(4):278-281.

T Stonier (1986b) What is information? in Research and Development in Expert Systems III (MA Bramer ed), pp.217-230, Cambridge University Press.

T Stonier (1989) Towards a general theory of information II: Information and entropy, Aslib Proc. 41(2):41-55.

T Stonier and C Conlin (1985) the Three Cs: Children, Computers and Communication, John Wiley and Sons, Chichester.

HG Wells (1915) Boon, The Mind of the Race, The Wild Asses of the Devil, and The Last Trump, T.Fisher Unwin, London.

## ٦ - تطور ذكاء الآلة

### مقدمة

الفكرة بأن الآلات قد تحوز ذكاء فكرة تعكس خبرتنا التاريخية الجماعية مع الكمبيوترات. ومصطلحا " ذكاء الآلة " و " الذكاء الاصطناعي " كلاهما مأخوذ من العمل بالكمبيوترات ، والمفهوم المعاصر هو أن الكمبيوترات تُظهر إمكانًا لأن تشتغل بسلوك ذكي ، وأنها عندما تفعل ذلك فإننا نكون قد خلقنا ذكاء اصطناعيا – أي ذكاء مؤسس على معالجة المعلومات معالجة تقوم بها الآلات . وبالتالي فإن مارفن مينسكي (١٩٦٨) يعرِّف الذكاء الاصطناعي بأنه علم جعل الآلات تقوم بأشياء لوقام بها البشر فإنها ستتطلب ذكاء .

ويرى بعض الخبراء العاملين في هذا المجال أننا لدينا بالفعل نظم كمبيوتر تظهر ذكاءً ، بينما هناك آخرون ينكرون هذا بشدة .

وكمثل فإن جوزوف وايزينبوم أحد المعلقين الأحسن تفكيرا بالنسبة لمجتمع الكمبيوتر ، يحاج بأن : " هناك فكرة عن الذكاء فيها تبسيط مفرط تماما ، قد سادت التفكير العلمي والشعبي معا ، وهذه الفكرة مسئولة جزئيًا عن السماح لأن تتنامى تلك الخيالات الجامحة المنحرفة عن الذكاء الاصطناعي " (١٩٨٤ ، ص ٢٠٣) . وهناك عند الطرف الأقصى الآخر دونالد ميتشي المعروف أيضا بأعماله الرائدة ونظرياته الفلسفية ، وهو يكتب بالاشتراك مع روى جونستون أنه : "قد تمت البرهنة بما لا يقبل الجدل على أن ثمة شيئا جيدا يمكن أن يبزغ من الكمبيوترات ، وهذا الشيء الجديد هو المعرفة . وهذه المعرفة يمكن بدورها أن تكون أفكارا وإستراتيجيات وحلولا أصلية بالنسبة لمشاكل حقيقية " (١٩٨٥ ، ص ١٢) .

وإذ يكتب كريستوفر إيفانز في أواخر السبعينيات فإنه فيما يكتبه يعتبر أن ذكاء الكمبيوتر في زمنه هو ذكاء مرتبته أساسا أعلى من الدودة الشريطية ، ولكنه مازال أقل من دويبة أبي مقص * ، (١٩٧٩ ، ص ١٧٠) ، بينما يكتب ريتشارد فورسايت مع منتصف الثمانينيات عارضا تعلم الآلة ، ويختم عرضه بمقولة هي " أن عصر الكمبيوتر المبدع على وشك أن يبدأ " (١٩٨٦ ، ص ٢٢٣) .

ومن الواضح أن الأمر مازال مفتوحا للتفسيرات .

* دويبة لها في مؤخرها ما يشبه المقص . (المترجم) .

والموقف الذى نتخذه فى هذا الكتاب هو كالتالى : الذكاء يُظهر نفسه كسلوك ذكى. ولا يمكن أن يوجد سلوك ذكى بدون معالجة معلومات . على أنه ليست كل معالجة للمعلومات تستلزم سلوكا ذكيا . والسلوك الذكى قد عُرّف من قبل فى الفصل الأول من هذا الكتاب ، وعلى هذا الأساس يمكننا أن نبين أن بعض الكمبيوترات تظهر سلوكا ذكيا ، وليس هذا فحسب ، بل إن كل الكمبيوترات لديها ذكاء بدائى " . وفوق ذلك ، فقد وجدت أجهزة طيلة قرون مضت تظهر ذكاءً بدائيا ، كما وجدت بعض أجهزة يمكن تصنيفها على أنها ذات ذكاء حقيقى .

## ذكاء الآلة مبكرًا

الآلات والأجهزة التى صممت لتحل محل المهارات البشرية أو لتدعمها ، كلها تظهر إلى حدما ذكاءً بدائيا ولنأخذ اختراعا من اقدم الاختراعات البشرية – وهو فخاخ الحيواناًت وشراكها ، سنجد هنا أنظمة صممت لتحليل بيئاتها (للكشف عن وجود أحد الحيوانات) ، ثم تستجيب لذلك (بإطلاق الميكانزم الفخى) ، وبالتالى فإنها تفى بهدف النظام .

وأول آلات ساعات للمدن ظهرت فى القرن الرابع عشر ، ولم تكن مصممة لمعرفة الوقت إلاعلى نحو عارض (زاموسى ١٩٨٦ ، هويترو ١٩٧٥) . وكان يمكن بسهولة إن تتأخر الساعة زمنيا بساعة كاملة . أما وظيفة هذه الآله الرئيسية فهى محاكاة حركة الكواكب المعروفة بما يعكس الاعتقاد العام بأن المعرفة الصحيحة لحركات الأجرام السماوية أمر مهم لنجاح أو فشل المشروعات البشرية . وكمثل ، فإن إحدى أتقن ساعات المدن هذه قد تم بناؤها فى بادوا فى ١٣٦٤ ، وفى حين أن قرص التدريج الزمنى يكاد يكون غير واضح ، إلا أن الساعة كانت تظهر كل صنوف المعلومات الفلكية بما فى ذلك سبعة أقراص مدرجة ، واحد منها لكل كوكب من الكواكب السبعة . فالأمر الذى كان يولد كل هذا العجب والإثارة هو قدرة تلك الساعات على أن تمثل حركة الكواكب ميكانيكيا .

ولا يقتصر أمر هذه الاصطرلابات المتقنة على أنها كانت تؤدى إمكانات عمل لا يمكن أن يقوم به إلا فريق من علماء الفلك يعملون طول الوقت لتنظيم وإعادة تنظيم الأقراص المدرجة باستخدام اليد – بل إن هذه الاصطرلابات كانت إيضا تحل مكان مشاهدات علماء الفلك وحساباتهم . فهذه الاصطرلابات يمكنها أن تقوم بما لا يمكن أن يتم فيما سبق إلا فى رأس عالم الفلك ؛ فهى فى الحقيقة تعد من بين أقدم الآلات الحاسبة .

لم تنشأ هذه الأجهزة الرائعة فى القرن الرابع عشر من لاشىء . فهى مثل كل النظم المتطورة الأخرى كان لها تراث سابق - منظومة من الخبرات المتعلقة بالموضوع . وأول ساعات ميكانيكية معروفة تم إنشاؤها فى الصين فى حوالى القرن التاسع (زاموسى ١٩٨٦ ، ص٨٦) .

أما علماء الفلك العرب فقد ابتكروا فى أوائل القرن الحادى عشر اصطرلابات أبسط ، لا تظهر فحسب موضع النجوم الثابتة ، ولكنها تظهر أيضا حركة الشمس والقمر . (بيسى ١٩٧٥ ، ص ٦٦) . وبعد ذلك اخترع علماء الفلك المسلمون فى ذلك القرن جهاز المستوية ، وهو جهاز أكثر تعقدا صمم لحساب موضع الكواكب . وقد استخدمت المستوية فى إسبانيا حوالى ١٠٢٥م .

وكل الاجهزة المذكورة اعلاه كانت اساسا اجهزة ميكانيكية مصممة لتصور كالمرآة حركة السماوات . وحيث ان توصيف هذه الحركة يتطلب حسابات ، فان هذه الاجهزة تشكل ايضا كمبيوترات بسيطة .

هيا بنا الآن نندفع أماما فى الزمان إلى أوائل القرن التاسع عشر . ولعل نول جاكار يعطى أول مثل للأتمتة الصناعية . بمعنى أن هذا الجهاز قد صمم لإعطاء قرارات بدلا من أن يكون مجرد امتداد لعضلات الإنسان . ورغم أن الفضل فى اختراع هذا الجهاز يرجع عموما لجاكار - حتى إنه منح براءة لاختراعه عام ١٨٠١ - إلا أن الأفكار التى أدت إلى نول جاكار كانت تجيش من خلال كل صناعة النسيج الفرنسية طيلة ثلاثة أرباع القرن على الأقل (بنسون واربيرتون ١٩٨٦) . وفى ١٧٢٥ استخدم بازل بوشون لفّة ورق ذات ثقوب مخرمة لتدل على أى المصاعد هى التى ينبغى أن تعمل . وقام مخترعون وميكانيكيون آخرون بتحسين ذلك ، بما فيهم فالكون ودى فوكانسون . أما جاكار فقد اتخذ الجهاز الانتخابى لفوكانسون وأدمج فيه سلسلة فالكون من البطاقات المنطة . وعرضت ماكينة جاكار لأول مرة ١٨٠٤ فى باريس، ولكنها عندما نقلت إلى ليون مركز النسيج فى فرنسا ، دُمرت الأنوال الأولى منها علنا ، ولم يتم تقبلها إلا بعد ذلك بسنوات بسبب الضرورة الاقتصادية ، وهى فيما يفترض المنافسة الأجنبية .

سجلت براءه اختراع جاكار فى بريطانيا بواسطة فرانسيت لامبرت ، وذلك فى عام ١٨٢٠ ، ولكن جهاز جاكار لم يرسخ إلا بعد أن تمكن ستيفن ويلسون من أن يبتكر نولا له صلاحيته بأن أرسل جاسوسا صناعيا إلى باريس ليكتشف تفاصيل هذا «النول الفرنسى الرسام الجديد» .

ولاحاجة بنا لأن نزعج أنفسنا بالميكانزمات التفصيلية لأشغال نول جاكار . وكما أن لفّة البيانو الآلى يمكن أن تحل محل عازف البيانو ؛ لأن ثقوب الشريط المخرم تدل على

النغمة التي يجب عزفها ، فبمثل ذلك تماما نجد أن ثقوب البطاقات المخرمة لنول جاكار تحدد أي عمود إدارة يرتفع به ، وبالتالي تخلق نمط النسيج . والأمر مازال يتطلب مشغّلا آدميا - مصمم نسيج أو عازف بيانو - ليقرر أي نمط من الخيوط أو الأوتار الموسيقية ينبغي أن تلعب عليه الآلة (النول أو البيانو) ، ولكن ما أن تتم برمجة القرار النظام ، حتى يتحكم النظام في أشغال الجهاز الميكانيكي الخاص به .

وثمة مثل آخر للأتمتة المبكرة وهو «حاكم» المحرك البخاري . ولنلاحظ أن الاسم الذي أعطى لهذا الجهاز - أي الحاكم - يمكن أن يعتبر كبرهان سيمانتي * على ما عند مهندسي القرن الثامن عشر من إدراك حدسي بأن جهاز الحاكم ليس بقطعة عادية من قطع الماكينات .

وجهاز الحاكم هو جهاز أوتوماتيكي في المحرك البخاري ينظم مثلا سرعة قاطرة بخارية . وثمة أنواع كثيرة ، إلا أن أشهرها هو حاكم الكرة الطائرة . وهناك " ذراعان " في هذا الجهاز يتدليان من عمود إدارة رأسي . وهناك كرة ثقيلة مثبتة بكل ذراع . ويلف هذان الذراعان حول العمود الرأسي . وكلما زادت سرعة لفهما زادت سرعة حركتها للخارج ولأعلى بسبب القوة الطاردة المركزية التي يمارسها الدوران على الكرتين . والذراعان قد ينتهي بهما الأمر وقد امتدا عن آخرهما أفقيا إذا كان العمود الرأسي يدور بالسرعة الكافية لذلك . وهما إذ يتحركان لأبعد إلى الخارج وإلى أعلى ، فإنهما يرفعان حلقة حول عمود الإدارة متصلة بصمام خانق . وكلما زادت سرعة دوران عمود الإدارة - حيث العمود يدفعه بخار المحرك البخاري نفسه - زادت القوة التي تؤثر في الكرات التي تلف وزاد رفع الحلقة لأعلى ، وهذا بدوره يؤدي إلى خنق المحرك ليبطئ .

ويشكل حاكم المحرك البخاري أحد أبسط أشكال التغذية المرتدة السالبة . فكلما زادت سرعة عمل المحرك البخاري ، زادت سرعة دوران الحاكم ، وكلما زادت سرعة دوران الحاكم ، زاد خنقه للمحرك البخاري ليبطئ . وإذ يبطيء المحرك البخاري ، فإن كرتي الحاكم تدوران بمزيد من البطء وينخفض الذراعان . وعندما ينخفض الذراعان ، ينفتح الصمام الخلفي ثانية . وعندما ينفتح الخانق ، يأخذ المحرك البخاري في العمل ثانية بسرعة أكبر حتى يحدث أن تسبب سرعة كرتي الحاكم مرة أخرى اختناقًا وبطئا .

ومعظم القراء على دراية بمثل أحدث وأكثر شيوعا لهذا النوع من ميكانزم التغذية المرتدة : وهو مثل الترموستات الموجود في بيوت الناس . فعندما ترتفع درجة الحرارة في البيت كنتيجة للحرارة التي يمد بها جهاز تدفئة مركزي ، فإن الترموستات يكتشف هذا ، وينتج عن تمدد المعدن الذي فيه أنه يرغم على انفتاح مفتاح تحويل . ومع إجبار المفتاح الكهربائي على أن ينفتح ، يتوقف إمداد المرجع بالغاز أو البترول ،

* نسبه للسيمانتية، أي علم دلالات الإلفاظ وتطورها . (المترجم)

وهكذا ينغلق المرجل . وإذ تهبط درجة الحرارة فى البيت ، يبرد الكشاف المعدنى للثرموستات ، ويغلق فى الوقت المناسب المفتاح مرة أخرى . وما أن يغلق المفتاح حتى تعاود الغلاية العمل وتزيد الحرارة مرة أخرى بحيث يتم تسخين البيت .

إن حاكم الكرة الطائرة فى المحرك البخارى هو والثرموستات فى البيت كلاهما يمثل حلقات من «تغذية مرتدة سالبة» تنظم تشغيل نظام داخلى . وهذا أحد أهم الميكانزمات الإساسية فى ذكاء الآلة ، ويجب أن يعد كشكل من الذكاء البدائى . والواقع أنه يمكننا أن نحاج بأن الحاكم ينشغل بسلوك ذكى حقا . فهو محدد بالهدف ، وهدفه هو استقرار سرعة المحرك . وهو يصل إلى هذا الهدف بأن يحلل حالة النظام (بالنسبة للحاكم يكون سائر المحرك البخارى بمثابة جزء من بيئته) وعلى أساس من هذا التحليل فانه يتصرف لتصحيح الحالة الخطأ - أى فرط السرعة أو عدم كفايتها - ويصل إلى الاستقرار رغم تباينات ضغط البخار المفروضة من الخارج . وبالمثل فإن الثرموستات يحلل درجة حرارة البيت ، ويستجيب بحيث يحافظ على درجة حرارة مستقرة .

ونحن يمكننا هنا المحاجة بأن البيت الذى يحوى الثرموستات الذى يتحكم فى حرارته الداخلية هو فى الواقع نظام ذكى . بمعنى أن البيت لديه نظام لتحليل بيئته الداخلية ، التى هى انعكاس لبيئته الخارجية (من حيث إن درجة الحرارة من الداخل تكون دالة على درجة الحرارة فى الخارج) . وعلى أساس من إجزاء تحليل لحالة النظام فإن البيت يشتغل فى سلوك تصحيحى بأن ينشّط أو يوقف نشاط نظام التسخين الخاص به . وهذا يمثل سلوكا «ذكيا» من وجهتين . الأولى أن البيت قد انتزع من البيئة عامل تحكم ؛ فدرجة حرارة البيت لم تعد بعد تحت السيطرة الكاملة لدرجة حرارة البيئة من خارجه . والثانية ، أن البيت بتنظيم الفرن يشتغل فى سلوك يعزز من قدرته هو نفسه على البقاء : ولو لم يكن هناك ثرموستات على الفرن نفسه ، فإنه قد تزداد سخونته زيادة مفرطة وينفجر ، أو بدلا من ذلك فإنه بالإبقاء أوتوماتيكيا على دفء البيت فى الشتاء ، فإن ذلك يحفظ الأنابيب من أن تتجمد ، ثم تنفجر ، بما يسبب تلفا كبيرا .

وقد يكون أو لا يكون من الحشو أن نذكّر أنفسنا عند هذه النقطة بأننا حينما نتكلم عن ذكاء البيت ، لا نتكلم عن حالة من «الوعى» . فما نبحث أمره هنا هو حالة لمستوى منخفض من السلوك الذكى . والحاكم الذى يتحكم فى خنق المحرك البخارى هو والثرموستات الذى ينظم الفرن كلاهما يشتغل فى اتخاذ قرارات كان البشر هم الذين يتخذونها فيما سبق ذلك من الزمان ، وهما بهذا يشكلان أمثلة مبكرة لذكاء الآلة .

## الآلات الحاسبة والكمبيوترات قبل ١٩٤٠ *

أقدم آلة حاسبة ميكانيكية معروفة هى المعداد . وقد ظل المعداد موجودا فى الصين لما يصل إلى الألفى عام بأكملها . وعندما تكون المسألة هى جمع أو طرح عمود من المقادير ، فإن التجار الصينيين البارعين يدويا لهم القدرة على أن يسبقوا بسهولة مشغّلى آلات الجيب الحاسبة . وتكوين المعدات (كمجموعة من الخرز على سلسلة من القضبان أو الأسلاك) يدل على تاريخ مسبق - لعله يتضمن وضع الحصى على شبكة من خطوط متسامتة مرسومة على الأرض . ويذكر هذا بمباراة «المنقلة» ، التى ينتشر لعبها على رمال أفريقيا ، وتشمل تحريك الحصى أو المحار من حول سلسلة من النقر فى الارض . ورغم أن المواصفات الخاصة بهذه المبارة تختلف تماما عن تلك المطلوبة فى عملية الجمع باستخدام المعدات ، إلا أنهما كلاهما يستلزمان تمارين حسابية تتألف من تغيير موضع قطع الحصى ، أو ما يكافئها ، وذلك بالنسبة لإطار مرجعى ما . وكما أن هناك تطورا للغات (كما سبق مناقشته فى الفصل السابق) فلابد ايضا أن هناك تطوراً للأدوات الثقافية الأخرى بما فى ذلك المباريات الذهنية .

وإذن ، فإن المعداد هو أقدم ما عرف من الآلات الحاسبة الميكانيكية . وقد كان يفى تماما على نحو يثير الإعجاب بالمتطلبات البشرية لمعالجة الأرقام حتى حوالى القرن السابع عشر ، وعندها تقدمت الحضارة الأوروبية شوطا بعيداً للأمام علميا وتكنولوجيا بحيث أصبحت تتطلب آلات حاسبة أكثر تركبا وسرعة . وأخذ بعض من أفضل العقول فى أوروبا يتجه لمعالجة المشكلة - من أمثال نابيير وباسكال ولايبنتز .

واخترع نابيير اللوغاريتمات ** : فلكل عدد موجب يوجد عدد آخر - لوغاريتمه - بحيث أن حاصل ضرب أى عددين يمكن الحصول عليه بجمع لوغاريتميهما . وبالمثل فإن خارج القسمة يمكن الوصول إليه بطرح لوغاريتميهما . وقد مهد هذا الإنجاز المسرح لجهاز يماثل المعداد يستخدم للضرب والقسمة . والحقيقة أن نابيير أجرى تجارب لذلك ، فابتدع مجاميع من القضبان توضع عليها جداول الضرب بحيث اننا لو أدرنا القضيب المناسب (هناك قضيب لكل واحد من الأرقام العشرة) وجمعنا أو طرحنا أى أعداد تظهر على الجوانب المعروضة لنا ، فإن هذا يكون مشابها لأن نقوم بعملية ضرب . ولماكانت هذه القضبان تثير قعقعة فى صناديقها الخشبية فإنها كانت يشار إليها بأنها عظام نابيير ، وكان الناس فى القرن السابع عشر يجدون فى معظمهم صعوبة فى عمليات الجمع فاعتبروا أن عظام نابيير هذه بمثابة السحر .

---

* الكثير من مادة هذا القسم مستخلصة من كتاب كريسى إيفانز الرائع «صنع ما هو دقيق الصغر» .

** من المعروف تاريخيا أن اللوغاريتمات اختراع عربى للخوارزمى . (المترجم) .

أما باسكال فقد اخترع قطعة من الفن الآلى تختلف تماما عن ذلك : إنها أول آلة حاسبة فى العالم - تتألف من تروس متداخلة ، وعجلات ومحاور . وأنت تدير قرصا ليدخل العدد الذى تريد جمعه إلى الآلة . وعملية إدارة القرص ينتج عنها أن تلف التروس والعجلات فى الداخل اللف المناسب ، بحيث تظهر النتيجة فى شباك صغير فى نفس الوقت الذى تنتهى أنت فيه من إدارة القرص . وقد انبهر بذلك أفراد الأسرة الملكية هم والعلماء . فهاك آلة يمكنها إنجاز ما يجد معظم الناس صعوبة كبيرة فى القيام به فى رؤوسهم . وعلى كل ، فإن الآلة التى سميت بالباسكالية قد أخفقت تجاريا . ففى تلك الأيام كان المحاسبون جد رخيصين بحيث لم يكن مجزيا للتجار شراء أجهزة الباسكالية .

وقد حسّن لايبنتز من الباسكالية بأن أدخل نوعا من عجلة مدرجة كالسلم تقوم بعملية الضرب . وأصبح هذا الجهاز البارع هو السلف للآلات الحسابية الميكانيكية والكهروميكانيكية التى ظهرت فى القرنين التاسع عشر والعشرين .

دعنا نلاحظ أن التطورات السابقة قد اعتمدت على رجل أسكتلندى وآخر فرنسى وثالث ألمانى - وهذا مثل طيب لذكاء أوروبا الجماعى وهو يعمل .

بحلول أوائل القرن التاسع عشر ظهرت مشروعات تألق فيها ذكاء شارلزباباّج بالاشتراك مع ليدى لوفليس . وكانت المشكلة أن أفكارهما كانت تسبق زمانهما أكثر مما ينبغى - ولم يتح للخوارزميات المبرمجة لليدى لوفليس أن تصبح مفهومة إلا بعد مرور قرن آخر ، وهكذا فإنه لا «ماكينة الفروق» ولا «الماكينة التحليلية» الأكثر تعقيدا قد أتيح لاى منهما قط أن يخرج للوجود . وأنفق ماله اعتباره من المال العام والمال الخاص معا ، وبعدها ثبت فى النهاية أن صناعة أجزاء الماكينات فى ذلك الوقت هى فحسب صناعة بدائية للغاية بمالا يسمح بخلق كل تلك التروس والروافع والعجلات المسننة حسب المواصفات المطلوبة . والحقيقة أنه قد قيل أن التأثير الحقيقى لباباج هو أنه قد حسّن من المعايير الهندسية .

ولم يحدث إلا فى أواخر القرن التاسع عشر أن تقدمت صناعة أجزاء الماكينات بما يكفى لإنتاج آلات الجمع الميكانيكية والآلات الحاسبة الميكانيكية . وكان الدافع الأساسى لابتكار هذه الأجهزة هو مكتب الولايات المتحدة للإحصاء ، الذى لم يكن يستطيع ملاحقة أكوام الإحصائيات التى جمعها فى إحصاء ١٨٩٠ .

ثم أتت الكهرباء لتدور بها العجلات ، وتبع ذلك الثورة الإلكترونية : وفى أول الأمر حل مكان التروس والعجلات المرحّلات * الإلكترونية ، ثم بعدها الأنابيب المفرغة - أى

---

* المرحل : جهاز كهرومغناطيسى يعمل كمفتاح وصل وقطع بحيث يسمح لتيار منخفض أن يتحكم فى تيار مرتفع ، فيقوم التيار المنخفض بتنشيط المرحل الذى يقفل بوابة ، ويسمح بتدفق التيار المرتفع . (المترجم) .

الصمامات الكهربائية . وأمكن لهذه أن تزيد من سرعة العملية لألف مثل . وبحلول نهاية الأربعينيات كان أول جيل من الكمبيوترات الإلكترونية قد رسخ أمره تماما .

## أجيال الكمبيوتر من الأول إلى الرابع

ليس من مهام هذا الكتاب أن يعرض بالتفصيل أصل الكمبيوترات وتطويرها . فهذا أمر قد قام به كتاب آخرون عديدون . على أن نظرة عامة موجزة سيكون فيها ما يتفق والمطلوب : وذلك أولاً ، لإنعاش ذاكرة القارئ (أن كانت تحتاج للإنعاش) أوبدلا من ذلك لتمد بمادة الخلفية اللازمة لمن يطرقون الأمر لأول مرة . وثانيًا ، فإن أصل وتطور الكمبيوترات يعد أمرًا محوريًا فى أحد المباحث الرئيسية لهذا الكتاب وهو أن ظهور ذكاء الآلة من داخل إطار المجتمع البشرى سوف يخلق نقلة عميقة فى تطور الذكاء . وثالثًا ، فان تطوير تكنولوجيا راقية هكذا أمر قد اعتمد بالكلية على ما سبق ذلك من تطوير ذكاء جماعى راقٍ .

لقد تطلب الأمر أن يتراكم التقدم التكنولوجى على جبهات كثيرة ليتم التوصل إلى أول جيل من الكمبيوترات . وحدث هذا لا فحسب على الجبهه الثقافية ، حيث ظل باباج مثلا يحملق فى جداول اللوغاريتمات وهو يحلم بأن «كل هذه الجداول يمكن أن تحسب بواسطة الآلة (ايفانز ١٩٨١ ، ص ٨) – لم يحدث على هذه الجبهة وحدها ، وإنما حدث أيضا على الجبهة التكنيكية ، بما حدث مثلا من أوجه تقدم لكل من صناعة أجزاء الماكينات وصناعة الإلكترونيات . وبالتالى فإن الوصول إلى الجيل الثانى من الكمبيوترات تطلب خلق نوع مختلف لجهاز من أجهزة التكنولوجيا الراقية – وهو «الترانزيستور» .

والإطار النظرى لتطوير الترانزيستور يمكن لنا متابعته وراء لما يصل على الأقل إلى ثلاثينيات القرن التاسع عشر ، حيث لاحظ مايكل فارادى أن التوصيل الكهربى لكبريتيد الفضة يزيد بالتسخين ، فى حين أن التوصيل الكهربى للموصلات المعدنية يقل بالتسخين . وأول جهاز فعال من الجوامد * استخدم بعد ذلك للكشف عن إشارات الراديو تم اكتشافه بواسطة براون فى ١٨٧٤ . وبراون الذى كان أستاذًا للفيزياء فى ماربوج قد اخترع أيضا الدائرة الكهربائية المؤلِّفة . وهاتان الأداتان مهدتا المسرح للصناعة القديمة للراديو واللاسلكى . وكانت أشباه الموصلات من الجوامد تصنع

---

* أجهزة الجوامد أجهزة تعتمد على مكونات إلكترونية مصنوعة من مواد جامدة مثل الترانزيستور والمرققات . (المترجم) .

من بلورات الجالينا ، وهذه مادة من بلورات الجالينا ، وهذه مادةمعدنية تتكون أساسا من كبريتيد الرصاص . ومع مرور الوقت ، فإن الشهرة التى نالتها هذه «المجموعات البلورية» بالراديو القديم ما لبثت أن أخلت الطريق لتحل مكانها الصمامات الكهربائية التى اخترعت أثناء العقد الأول من هذا القرن .

وهكذا تفوقت الصمامات الكهربائية (الأنابيب المفرغة) على الحاجة إلى الأجهزة المصنوعة من الجوامد . على أن الأبحاث الأساسية ظلت متواصلة ، مدفوعة بالفضول وبالحاجة البشرية إلى استكشاف الكون . وظهرت نظرية الكم لماكس بلانك فى ١٩٠٠ ، وتفسير أينشتين للظاهرة الضوئية – الفولتية * فى ١٩٠٥ ، وبحث رونتجن على الضيائية ** ، وقد شغلت هذه النظريات كلها انتباه فيزيائى شاب فى برلين هو ر . و بوهل ، وبحلول ١٩٣٢ أصبح بوهل يعرف ما يكفى لأن يتمكن من التنبؤ بأن الصمامات الكهربائية والراديوهات سيحل محلها فى يوم ما بلورات صغيرة يمكننا التحكم فى تدفق الالكترونات فيها .

وقد ظهرت صلاحية هذه البلورات لهذه المهمة فى معامل شركة بل بنيوجيرسى ، وذلك فى يوم ٢٣ ديسمبر ١٩٤٧ . وكانت معامل بل فى ذلك الوقت توظف ٥٧٠٠ من الأفراد كان من بينهم ألفين بالكامل من المهنيين ذوى المستوى المتقدم . وقرنت شركة بل اهتمامها هذا بعلم أساسى فى طريقه للنضج (فيزياء الجوامد) مع استثمار ضخم فى البحث والتطوير ، الأمر الذى أدى إلى خلق الترانزيستور . على أنه يحسن بنا قبل أن يجرفنا المُدخل الصناعى فى هذا المجهود ، أن نتذكر أن ثمة بحثا مماثلا كان يجرى فى جامعة بيرديو ، وكان توصل هذا البحث إلى نفس الاكتشاف أمرا يتطلب فحسب زمنا يقاس بالشهور او ربما حتى بالاسابيع . ولو ان الباحثين فى بيرديو ظلوا مثابرين على بحثهم لربما أضحت الأسماء الثلاثة المصاحبة لاختراع الترنزيستور هى بنزر وبراى ولارك – هو روفيتز . على أنه بدلا من ذلك يعزى الفضل الآن إلى باردين وبراتين وشوكلى ، وهذا هو ما ينبغى أن يكون عليه الأمر (براون ومكدولاند ١٩٧٨) .

الترانزيستور هو إذن بلورة يمكن فيها التحكم فى التدفقات الصغيرة من إلكترونات لتمد بإشارات . وهى تعد بكل المعنى الحقيقى للكلمة صمام إلكترونى من «الجوامد» .

وفى أول الأمر ظلت الراديوهات التى تستخدم هذه الترنزيستورات تصنع بالطريقة التى كانت تصنع بها دائما أجهزة الراديو : فالمرء يبدأ بهيكل معدنى يوضع عليه (مع العزل المناسب) المكونات الإلكترونية المختلفة : المقاومات ، المكثفات ، المحولات ، الخ ، بما فى ذلك الترانزيستورات . ثم يوصل كل شىء معا . كانت هذه عملية بطيئة شاقة – تشبه أن نحسب مقادير طويلة باستخدام القلم الرصاص والورق ، ولابد من أن هناك طريقة أفضل .

---

* ظاهرة تولد قوة دافعة كهربائية بتعرض سطح الجوامد للأشعة الضوئية (المترجم) .

** الضيائية **Luminescence** ظاهرة تمتص فيها المادة إشعاعا ينتج عنه انبعاث ضوء مميز لهذه الماده . (المترجم) .

وهنا تدخل الدائرة المتكاملة . وكما يبين البروفيسور إيرنست براون الرئيس السابق لوحدة خطة التكنولوجيا بجامعة أستون ، فإن الدائرة المتكاملة كانت ابتكارا تجاريا ، وتم تطويرها إلى حد كبير بواسطة الصناعة ومن خلالها ، (وهذا على النقيض من الترانزيستور الذى تم تطويره فى الجامعة وفى معامل البحث الأساسى فيما عدا الخطوات الأخيرة جدا) . وبدلا من أن تلحم أسلاك مع المكونات المختلفة التى على هيكل معدنى حتى نوصل بينها ، فإننا نبدأ بلوحة مصنوعة من البلاستيك (أو مادة أخرى غير موصلة) نرش عليها نمطا من أشرطة رفيعة من مادة معدنية موصلة . وبهذا نخلق لوحة لدائرة مطبوعة يمكننا بعدها أن ندخل فيها المكونات المختلفة . وفى حوالى ١٩٦٠ ، أخذت هذه القاعدة تتوسع لتتوصل إلى رش مواد موصلة على أجزاء من نفس مرقفات السيليكون . ها قد بدأت ثورة مرققة السيليكون .

ما هى المرفقة ؟ كيف يتم صنعها ؟ المرققة هى ما يكافىء لوحة الدائرة المطبوعة وقد خلّقت فى إبداع على شظية صغيرة من السيليكون (أى على مرققة سيليكون) . ولنتذكر أن لوحة الدائرة المطبوعة بالنسبة للكمبيوتر تتضمن اساسا مفاتيح تحويل إلكترونية للغلق والفتح ، وبالتالى فهى أقل تعقدا بكثير عن الراديو . وأثناء الستينيات نجد أن أحشاء (أو أمخاخ ؟) الكمبيوتر هى وجهاز معالجة المعلومات ؛ إذ يتكونان من مجاميع من هذه المفاتيح ، فقد صغّر هذا من حجمها إلى حد أن أصبح كل واحد من هذه المفاتيح يتكون من مجرد نقطة ميكروسكوبية على مرفقة السيليكون . وأصبح معلاج * المعلومات معلاجا دقيق الحجم . وبالتالى فقد أصبح معروفا بأنه «ميكرو الجبار» .

والخلاصة هى أن : أول جيل الكمبيوترات كان مؤسسا على صمامات إلكترونية (أنابيب مفرغة) . وأول جهاز إلكترونى ثنائى الترقيم من هذا النوع كان كمبيوتر أتانا سوف - بيرى ، وقد تم إنشاؤه فيما بين ١٩٣٢ و ١٩٤٢ (ماكنتوش ١٩٨٨) . وكان النمط البدائى لجهازهما (فى ١٩٣٩) مما يسهل أن يسبقه فى سرعته من يجرون العمليات الحسابية بالورق والقلم الرصاص ، على أن هذا النموذج قد أنجز بالنسبة لعمليات الحسابات الإلكترونية ما أنجزه الأخوان رايت لعلم الطيران : فقد أرسى المبدأ الأساسى بأنها مما يمكن صنعه .

ولم يُعترف بفضل أتانا سوف إلا بعد مرور سنوات كثيرة . أما فيما عدا ذلك فيصبح من المستحيل تقريبا أن يعزى الفضل لأحد على أى نحو - فقد حدثت أمور كثيرة فى العقود التى أدت إلى ١٩٤٠ . ففى ألمانيا كان كونراد زوس يعمل على نظام ميانيكى وكهروميكانيكى فى أواخر الثلاثينيات ، ثم انتقل بعدها فى مشاركة مع هيلموت شرابر إلى النظم الإلكترونية فى حوالى ١٩٤٠ . ويعزى الفضل عادة إلى فانفار

---

* المعلاج : جهاز معالجة المعلومات ، وفضلنا هذه الكلمة عن المعالج ، لأن الأخيرة قد تشير أيضا إلى الإنسان عندما يعالج المعلومات . (المترجم) .

بوش كالأب الحقيقى للكمبيوتر : فقد أكمل أول نموذج له «للمحلل التفاضلى» فى ١٩٣٠ . وكان ذلك آلة ميكانيكية كبيرة وكبيرة ، تدفعها محركات كهربائية . وأدخل عليها فيما بعد صمامات ترميونية * وقد رسم كريس إيفانز (١٩٨١) لوحة زيتية كبيرة توضح كيف أن عددا كبيرا من العباقرة هم وآخرين من الأفراد الأقل شأنًا ، جميعهم قد لعبوا دورا فى توفير البنية التحتية الثقافية والتكنيكية اللازمة لخلق هذا الجيل الأول من الكمبيوترات الإلكترونية . ومن وجهة نظر هذا الكتاب ، فإن البنية التحتية تمثل أحد وجوه الذكاء البشرى الجماعى - أى النمو والتعلم .

هذا والتروس الميكانيكية هى والعجلات والروافع ما كانت لتفى لأداء هذه المهمة على الوجه الصحيح ، وبالتالى فقد حلت مكانها الصمامات الترمونية - وبمثل ذلك تماما فإن هذه الصمامات الإلكترونية كانت مما لا يعتمد عليه إلى حد بالغ ، فهى جد ساخنة وجد مستهلكة للطاقة بحيث أصبح لا مفر من أن يحل مكانها الأجهزة المصنوعة من الجوامد . والنقلة التالية من الصمامات الترميونية إلى الترانزيستورات أدت إلى خلق الجيل الثانى من الكمبيوترات .

ثم ظهرت لوحات الدوائر المطبوعة ، وتلاها حفر هذه الدوائر مباشرة على مرقة السيليكون نفسها ، وأدى ذلك إلى خلق الجيل التالى من الكمبيوترات - حيث مرققة السيليكون هى الخاصة المميزة للجيل الثالث . وفى النهاية تطور ذلك إلى الدوائر المتكاملة بمستوى كبير ثم الدوائر المتكاملة بمستوى كبير جدا لينتج عن ذلك الجيل الرابع من الكمبيوترات .

## الجيل الخامس وتطويرات أخرى

جيل الكمبيوترات الخامس غير موجود بالفعل وقت كتابة هذا (١٩٩٠) . ورغم كثرة الدعاية عنه أثناء الثمانينيات ، ورغم ما أنفق من نفقات طائلة ، إلا أن ما يستخدم بالفعل فى وقتنا هذا ينزع إلى أن يكون فحسب نسخا أقوى من كمبيوترات الجيل الرابع تحوز أجهزة معونة خارجية أكثر قوة . أما الابتكارات الجوهرية فمازال وجودها يقتصر على مؤسسات البحث (وإن لم يكن ذلك كليا) . وسوف نناقش ذلك فيما بعد .

وهذا وقد شهدت الثمانينيات توسيعا كبيرا لقاعدة مور وهو ان : تركب المرققة بتضاعف فى كل سنة . وبالمثل ، فإن التكلفة بالنسبة لعنصر الذاكرة قد داومت على الانخفاض بمعدل يقرب من عشر مرات لكل ست سنوات أو ما يقرب . وظل هناك دفع

* نسبة إلى الترميون وهو أيون حرارى أو جسيم مشحون ينبعث من جسم ساخن . (المترجم) .

نحو مرقفات أصغر وأصغر ، أو أبعاد أصغر لنفس المرقفة ، واستمر هذا بلا توقف بقصد زيادة سرعة العمل ، وكذلك أيضا للإقلال من استهلاك الطاقة فى نظم الجوامد وهذان التحسينان قد أديا معا إلى خفض السعر بالنسبة لكل وحدة من طاقة الذاكرة أو طاقة المعالجة . وبحلول منتصف الثمانينيات كان الموقف قد تغير إلى حد أن أصبحت : «الأسلاك تكلف أكثر من البوابات ، والمبرمجات تكلف أكثر من الذاكرة ، ومكيف الهواء يشغل حيزا أكبر مما يشغله الكمبيوتر» (هيليز ١٩٨٥ ، ص ١٣٨) .

وكان أحد العوامل المعوقة للتحسن اللانهائي فى أداء المرقفة هو عرض خط «الأسلاك» التى كانت ترش على المرقفة بطريقة رشها المعتادة على لوحات الدوائر المطبوعة . ولم يكن فى الاستطاعة تقليل عرض هذا الخط إلى ما يقل عن واحد فى الألف من عرض الشعرة البشرية (أى أقل من ١ ,ميكرومتر) ، ذلك أنه عندما يقل العرض عن ذلك تتزايد صعوبة الحفاظ على تيار كهربى يعتمد عليه . ونشأت فى نفس الوقت مشكلة أخرى : فعملية الحفر باستخدام الضوء تقابلها صعوبة طول موجه الضوء المرئى الذى يساوى عرضه خط من ١ , ميكرومتر . وأصبح على عملية الطبع بالحفر أن تتحول إلى الضوء فوق البنفسيجى ، ثم إلى اشعة إكس .

ورغم هذا فقد كان هناك تطورات كثيرة مثيرة للاهتمام بعضها بالنسبة للمعدة والبعض بالنسبة للتطور وطريقة التناول . وكمثل ، فقد ظهر فى أوائل الثمانينات ما سمى «ترانزبيوتر*» إينموس ، وهو أساسا كمبيوتر قوى ذى ٣٢ بايته وله مخزونه الخاص ، وهو مبنى على المرقفه ، ويتكون من مجموعة من أربع من هذه الوحدات موصلة معا ، وكان ظهوره ، يمثل أحد تلك الأجهزة الكثيرة التى تزيد من قوة الكمبيوتر . وبحلول أواخر الثمانينيات ظهرت أجهزة ونظم جديدة بكثرة مفرطة : دوائر ضوئية ، واقراص تخزين ضوئية ، واقراص مضغوطة بذاكرة قراءة فقط ، وتحسينات واسعة المدى فى قدرات الطبع والرسم ، واستخدام الأفلام الضوئية ، والمؤشرات «الفئرائية» ، ونظم أخرى تشمل تربيطات تبادلية للمستخدم بالرسومات . وهذه النظم رائدها التجارى من أوائل إلى منتصف الثمانينيات هو سلسلة ماكنتوش ، بما فى ذلك «النوافذ» ولغة «الكارت الفائق» ، ،ملامح أخرى ، ويمثل هذا كله تحسنا عظيما فى تعزيز التواصل بين البشر والآلات الذكية .

شهدت الثمانينيات أيضا تزايد عدد علماء الكمبيوتر الذين يشقيهم وضع البناء المعمارى للكمبيوترات الكلاسيكية (انظر هيليز ١٩٨٥، توفولى ومارجولوس ١٩٨٧) . وكان باكوس (١٩٧٨) قد عّرف من قبل فى أواخر السبعينيات «عنق زجاجة فون نيومان» : فكمبيوترات فون نيومان الكلاسيكية تتأسس على بناء معمارى يفصل وظيفة الذاكرة عن وظيفة معالجة المعلومات . وبالتالى فإن نقل المعلومات من المعلاج إلى الذاكرة وبالعكس ، يستغرق زمنا . وكلما كان الكمبيوتر أكبر وأقوى ، زاد كبر ذاكرته،

---

*Transputer: كلمة مشتقة من ترانزيستور وكمبيوتر ، ويقصد بها أن يتحول الكمبيوتر إلى وحدة صغيرة على هيئة الترانزيستور يتم منها تركيب وحدات أكبر . (المترجم)

وزاد سوء مافيه من عنق زجاجة فون نيومان . وبالإضافة فإنه كلما زاد الكمبيوتر كبرا ، زاد عدد مرققات الذاكرة التى تظل تقبع وهى لا تفعل شيئا فى معظم الوقت .

وأخيرا ، فإنه كما سنبحث الأمر فى الفصل التالى سنجد أن البناء المعمارى لكمبيوتر فون نيومان يختلف اختلافا عميقا عن معمار المخ البشرى . وبالتالى ، فإن كمبيوترات المستقبل سوف تستلزم لبس فحسب تحسينات أخرى فى سرعة وفعالية الكمبيوترات الكلاسيكية هى وتطبيقاتها (الأمر الذى سيناقش فى الأقسام القليلة التالية) ، ولكنه سوف يستلزم أيضا ازدهار هندسة معمارية بديلة للكمبيوترات : بحيث توسع توسعاً فسيحاً من المدى الذى يتمكن فيه ذكاء الآلة من حل المشاكل .

## الكمبيوترات الكريويجينية * والفائقة التوصيل **

أحد أوجه القصور فى الكمبيوترات الحالية – كما ناقشناها فى التو – هو مشكلة السرعة . والإشارة الكهربائية يمكنها أن تنتقل بسرعة تبلغ فحسب حوالى ٦ بوصات (١٥سم) فى النانو ثانية (واحد من البليون من الثانية) . وبهذا فإن الربط السلكى أصبح عاملا معوقا ، وهو الآن أكثر تكلفة من بوابات المنطق .

وأحد سبل التغلب على مشكلة التوصيل السلكى هى أن تحشد الوحدات لتكون أقرب وأقرب معا بحيث لا تحتاج الإلكترونات إلى أن تنتقل مسافة جد بعيدة لتوصل رسالتها . على أنه كلما زاد تقارب الوحدات المحشودة اصبحت مشاكل الحرارة أعظم . وهذا قد يمكن تغييره بإدخال الموصلات الفائقة لدرجات الحرارة العالية .

والتوصيل الفائق مثل كلاسيكى لما يمكن أن يحدث للاكتشافات والاختراعات التى تكون سابقة لزمانها . فقد اكتشفت هذه الظاهرة فى هولندا قبل الحرب العالمية الأولى بسنوات معدودة ؛ حيث اكتشفها هايك كاميرلين أونز . فقد وجد هذا الباحث أنه عندما يبرد خيط متجمد من الزئبق إلى حوالى ٤°ك *** (حيث يتكثف الهيليوم إلى سائل) فإن هذا الخيط يفقد كل مقاومة لسريان الإلكترونات . وفقدان المقاومة يعنى أن وقف سريان

---

* النظام الكربو جينى : هو ما يحفظ درجة الحرارة فى داخله بحيث تكون أقل منها فى خارجه ، وهو يعمل عند حرارة تقرب من الصفر المطلق . (المترجم) .

** التوصيل الفائق : حالة تعترى الموصلات حيث تنعدم مقاومتها عند درجات الحرارة المنخفضة القريبة من الصفر المطلق . (المترجم) .

*** درجة ك : وحدة درجة الحرارة على المقياس الديناميكى الحرارى وتساوى ١ / ١٦ و ٢٧٣ من النقطة الثلاثية للماء على المقياس نفسه . وك ، اختصار كلفن العالم البريطانى المعروف . (المترجم) .

الإلكترونات لا يلزم له الا قدر صغير جدا من الطاقة ، ولكنه يعني أيضا أنها عندما تسري بالفعل ، فإنها لا تولد حرارة . على أن التوصيل الفائق يتضمن ما هو أكثر من مجرد معدن بلا مقاومة . ولم يتضح ذلك إلا عام ١٩٥٧ عندما توفر لنا الأساس النظري لهذه الظاهرة على يد جون باردين (ذي الشهرة الترانزيستورية) ، وليون ن . كوبر وج . روبرت شريفر : فالمعدن ذو التوصيل العادي يكون التيار فيه مصنوعا من كتلة من الإلكترونات المنفردة التي تداوم على الاصطدام بذرات المعدن الذي يصنع الموصل. أما في الموصل الفائق فإن التيار يتكون من كتلة من الإلكترونات التي تكون في أزواج وتتحرك في تناسق كبير خلال شبكة نسيج المعدن : بحيث إنها لا تصطدم قط بالذرات.

وإذن ، فإنه يوجد لدينا الآن احتمالان : الأول أننا قد نكتشف مواد ملائمة للربط «السلكي» ، أي لنقل الإلكترونات داخل الكمبيوترات : بحيث يمكنها أن توصل توصيلا فائقا في درجة حرارة الغرفة . والاحتمال الثاني هو أنه ربما قد أصبح يوجد الآن ما يكفينا من الوجهة العملية ومن وجهة قلة التكلفة لأن نقوم بتركيب أجهزة التبريد اللازمة لتقليل درجة حرارة النظام بالقدر الكافي لأن يسمح للموصلات الفائقة بالعمل . واتجاهات البحث الحالية تتضمن تبريد النظام كله لما يصل تقريبا إلى حوالي درجة الصفر المطلق . وفي مثل هذه الدرجات البالغة الانخفاض لا يحدث فحسب توصيل فائق وإنما يحدث أيضا «تنفيق» * .

«والتنفيق» قد اكتشفه بريان د . جوزيفسون في ١٩٦٢ عندما كان يدرس دراسات عليا بعد التخرج في كمبردج . وتستطيع الإلكترونات عند هذه الدرجات من الحرارة جد المنخفضة أن تمر في نفق عبر حاجز من عزل كهربائي . والحقيقة أن الإلكترون المتحرك قد يمر عبر الحاجز حتى لو لم يكن لدى الإلكترون الطاقة الكافية للتغلب على الحاجز ، وهذا أمر كان يعد مستحيلا في الفيزياء الكلاسيكية ، ولكنه لا يتعارض مع ميكانيكا الكم الأكثر حداثة .

هذا وقد ثبت في النهاية أن نقطة وصل جوزيفون هي أسرع مفتاح تحويل معروف – ذلك أن لها القدرة على التغيير في ٦ بيكو ثانية (أي ستة أجزاء من مليون من المليون من الثانية) . ونقطة وصل جوزيفسون لها القدرة أيضا على اختزان المعلومات . ونقطة الوصل كجزء من أحد النظم فائقة التوصيل تكون الطاقة اللازمة لها هي فحسب وحدات ومعدودة من الميكروواوت ، بحيث إن الملايين من نقط الوصل هذه ستتطلب فحسب وحدات معدودة من الوات . وبالتالي لن تكون مساحة الكمبيوتر الكبير سوى سنتيمترات مربعة معدودة . على أنه سيكون من اللازم أن نغمره في حمام من الهيليوم السائل إذا كنا سنستخدم مواداً تقليدية من المواد فائقة التوصيل . وفي وقت كتابة هذا ،

* أي إحداث ظاهرة النفق ، وهي احتمال نفاذ جسيم مشحون من حاجز محدود الاتساع ارتفاعه أكبر من الطاقة الكلية للجسيم . (المترجم) .

فإن الموصلات الفائقة «لدرجات الحرارة العالية» لن تتطلب إلا النيتروجين السائل ، وهذه مادة تعد نسبيا رخيصة وسهلة التداول . أما فى المستقبل فربما ستتطلب الموصلات الفائقة أن يستخدم فحسب ثلج جاف ، أى سائل ثانى أكسيد الكربون ، ولا يوجد نظريا أى سبب يمنع أن يحدث اكتشاف موصلات فائقة فى استطاعتها أن تعمل فى درجة الحرارة العادية : وثمة عمليات لنقل الإلكترونات عبر الأغشية فى الأنظمة البيولوجية التى تشتغل بالتمثيل الضوئى والتنفس وغير ذلك من أنشطة الأيض ، وعمليات نقل الإلكترون هكذا لا بد وأنها قد طورت جزيئات مثل المواد اشباه الكاروتينية والبروبينويدات الفينولية وغير ذلك من المركبات ذات الرنين التى صممت خصيصا لهذه المهمة .

## الكمبيوترات الضوئية والبيولوجية

الكمبيوترات الفائقة المستقبلية قد يحدث تطورها فى خطوط جد مختلفة : فقد يثبت فى النهاية أنها ستكون إما «كمبيوترات ضوئية» أو «كمبيوترات بيولوجية». والكمبيوترات الضوئية تتأسس على نبضات من الضوء تنتقل عبر ليفة ضوئية ، وهذا نظام أكفأ كثيرا عن نبضات الإلكترونات التى تنتقل عبر كابل من النحاس . وهناك مفتاح تحويل ضوئى يسمى مقياس تداخل فابرى - بيروت ، ويزعم أنصاره أنه أسرع من نقطة وصل جوزيفسون ، ويمكن لهذا المفتاح أن يكون أساس كمبيوترات المستقبل، . وسوف تتضمن هذه الكمبيوترات أيضا أجهزة لخزن المعلومات واسترجاعها تتأسس على الليزر .

أما الكمبيوترات البيولوجية فهى أجهزة يرجى أن تفيد من قدرات النظم الحية على اختزان قدر هائل من المعلومات على جزيئات صغيرة معقدة مثل الأحماض النووية أو البروتينات أو السكريات التعددية (مبلمرات السكر) . وإذا أبقينا فى ذهننا ما للمخ البشرى من كفاءة هائلة ، فربما سيحدث أن كمبيوترات المستقبل العصبية (التى سنناقشها فى الفصل التالى) سوف يتزايد اعتمادها إما على مواد بيولوجية مستقاة من الطبيعة ، أو على مواد مكافئة يتم تخليقها فى المعمل .

ولم يحدث للآن تقدم كبير فيما يتعلق بالكمبيوترات البيولوجية . على أنه إذ يتجه بناء معمار الكمبيوتر تجاه الآلات ذات الشبكة العصبية ، فإن من المحتمل جدا أن نستمد من النظم البيولوجية بكافة مستوياتها نماذج لتطوير ذكاء الآلة فى المستقبل .

ومن الواضح أن فكرة كمبيوترات الجيب الفائقة ليست بالفكرة التى يمكن إهمالها باستخفاف . وفى ظل هذه الوفرة فى تكنولوجيا المعلومات فإن السؤال لم يعد بعد عما إذا كانت كمبيوترات الجيب سوف تتحقق ، وإنما أصبح السؤال متى تتحقق .

## الروبوتات * من الجيل الأول للخامس

بدأت الروبوتات كمحض أجهزة كهروميكانيكية مخصصة لتنفيذ مهام مخصوصة روتينية . وكانت هذه الأشكال الكهروميكانيكية الأولى لا يمكنها تغيير أدائها إلا بتعديل المعدة نفسها ، كأن يحدث مثلا استبدال للربط السلكى أو لأى مكون آخر .

وقد حل مكان الأجهزة الكهروميكانيكية الأولى أجهزة كهروميكانيكية يتحكم فيها الكمبيوتر . وأصبح من الممكن الآن تعديل السلوك أو الأداء عن طريق تغيير فى البرمجات فحسب . وهذه القدرة على إعادة برمجةالجيل الثانى من الروبونات بسهولة قد أدت إلى أن زادت مجالات استعمال الروبوتات زيادة أعظم كثيرا . وعلى أنها كانت لاتزال تعد بدائية . فربما يبرمج روبوت من الجيل الثانى لالتقاط جزء ما : وحتى إذا لم يكن هذا الجزء موجودا فإن الروبوت يظل يقوم بكل الحركات للازمة لالتقاط هذا الجزء - وسوف ... يحرك فحسب هواء فارغا .

أما الجيل الثالث للروبوتات فكان يحوى كجزء من الروبوت جهاز استشعار وأجهزة تغذية مرتدة لتقييم البيئة التى تعمل فيها الروبوتات . وهذا يعنى أنها الآن تستجيب «بذكاء» للبيئة المحيطة بها . والذكاء يرجع إلى القدرة على تحليل المعلومات عن البيئة ثم الاستجابة لها استجابة صحيحة . وقد شمل هذا التطور الثالث من تطورات الروبوت فى الثمانينيات تعقدا متزايدا فى ميكانزمات أجهزة الاستشعار هى وميكانزمات التغذية المرتدة .

وأدى هذا إلى الجيل الرابع من الروبوتات : شبكات أو أجهزة روبوتية قد تم توصيلها معا ، وكأنها جهاز عصبى اصطناعى يتكون من أجهزة الاستشعار وميكانزمات التغذية المرتدة كلها تتواصل أحدها مع الآخر . وأصبح فى الإمكان الآن أن يتعاون أفراد الروبوتات بطول خط تجميع لأداء ما يلزم من مهام . بالإضافة ، فإنها يمكنها تصحيح أى أخطاء قد تنشأ أثناء عملية الإنتاج . وهذا يتيح لمصنع بأكمله أن يعمل وكأنه آلة واحدة عملاقة مركبة . ولم نعد نحتاج بعد إلى المشغلين من البشر لتسيير المصنع - فما نحتاجه فقط هو مشغلين «لصيانة» المصنع ، ولإجراء تعديلات فيه حين يلزم الأمر .

والخطوة التالية هى أن نعطى مخا للمصنع الذى يعمل بالكامل بالنظام الروبوتى، ويكون هذا المخ فى مكاتب المصنع ، ويتضمن نظما خبيرة لتوجيه عمليات الصيانة والإصلاح الذاتى ، ولتوجيه العلاقة مع سائر العالم . وهذا الأمر الأخير يتضمن ثلاثة مجالات :

١- التحكم المخزنى فى المواد الخام والمكونات (بما فى ذلك ما يلزم للإصلاحات) تحكما يكون مربوطا إلكترونيا بمصادر الإمداد فى العالم كله .

---

*هذا القسم تم نشره فيما سبق فى مؤلف لستونير (١٩٨٩) .

٢- الاتصالات المباشرة مع أفراد البشر صانعى القرار فى مكتب الإدارة الرئيسى .
٣- الاتصالات بالعملاء .

سوف يتمكن العملاء فى المستقبل من الحصول على المنتجات أو الخدمات بدون تدخل من مشغلين من أفراد البشر . والأمر فيه مماثلة للطلب المباشر لمكالمة هاتفية دولية . وفى هذا المثل يستفيد العملاء من خدمة مؤتمتة بالكامل ولا يحتاجون إلى مشغل بشرى يتدخل ليجعل المتحدث إليه يرد عليهم حتى وهو على مسافة ربما تصل إلى نصف طول العالم . وبالمثل فإن العملاء فى المستقبل سوف يمكنهم عن طريق جهاز طرفى لديهم فى البيت أو فى المكتب أن يطلبوا إحدى السيارات مباشرة من مصنعها مع توصيف طلباتهم الدقيقة الفردية ، وسيقوم الكمبيوتر فى مكتب المصنع بالإعلام بوصول الأمر وتأكيده . وبعد فحص رصيد العميل فى البنك يقوم الكمبيوتر بتحريك عملية إنتاج سيارة العميل المفردة حسب المواصفات ، ثم ينظم إجراءات التسليم . والكمبيوتر سيقوم خلال العملية بتفحص وضع سيارة العميل ويعطيه (أو يعطيها) المعلومات بشأنها . وبعد إنهاء السيارة وتسليمها ، فإنه يتفاوض مع الكمبيوتر الخاص ببنك العميل فيما يتعلق بنقل الاعتماد المالى . ولن تكون هناك أى حاجة لتدخل بشرى ، وذلك ربما باستثناء نقل السيارة الى نقطة تسليمها .

## روبوتات برايتينبرج

عمل فالنتينو برايتنبرج فى معهد ماكس بلانك للسبرناطيقا البيولوجية فى توبينجين ، حيث أبدع خلال عمله هناك سلسلة من لعب العربات الروبوت التى تظهر سلوكا يكاد يكون سلوكا ذكيا . فهذه العربات لها القدرة على تحليل بيئتها فيما يتعلق بوجود مصدر للضوء ، ثم تشتغل بنشاط موجه بالهدف . ويتم تحديد هذا الهدف بواسطة المصمم : فالعربة ينبغى أن تبحث عن الضوء ، أو أن تتجنب الضوء ، أو أن تفضل ضوء الشفق (انظر عرض ديودنى ١٩٨٧) .

يوجد وجهان لسيارات برايتينبرج يثيران الذهول : بساطة النظام ، وسلوك السيارات سلوكا شبه حى .

تُصنع كل عربة من كتلة مستطيلة مسطحة على أربع عجلات . والعجلات الخلفية يتم تشغيلها فرديا بواسطة محركين تتحدد سرعتهما حسب معدل الإشارات التى يتلقاها المحرك فى كل ثانية . وكلما زادت الإشارات ، زادت السرعة . وهذا يعنى أنه إذا وصلت إشارات أكثر للجانب الإيسر ، فإن العجلة اليسرى (الخلفية) سوف تتحرك أسرع ، وبالتالى فإنها تجعل السيارة تدور يمينا .

ومصدر الإشارة هو خليتان ضوئيتان فى مقدمة العربة ، تعملان بمثابة «العينين» . وهذه المستقبلات الضوئية تتوجه إلى الأمام وإلى الخارج قليلاً ، بحيث أنه إذا حدث مثلا وكان هناك مصدر ضوء إلى اليمين ، فإن العين اليمنى ستستقبل ضوءا أكثر من العين اليسرى ، بما يجعل العين اليمنى تبث نبضات أكثر .

وطريقة سلوك العربة تعتمد على طريقة توصيل العينين إلى العجلات . وإذا كنا نريد عربة تنجذب إلى الضوء ، فإننا نوصل العين اليمنى إلى العجلة اليسرى ، والعكس بالعكس . واذا حدث كما تم ذكره اعلاه ، ان رأت العين اليمنى ضوءاءا اكثر ، فإنها سوف تنشط حركة العجلة اليسرى (الخلفية) ، بما يجعل العربة تتحرك إلى اليمين وبمضى الوقت ، فإن العربة سوف تتجاوز الحد اللازم — ذلك أنها تدور إلى يمينها بمسافة طويلة بحيث سيصبح الضوء الآن إلى يسارها . وعند هذه النقطة سيكون ما تراه العين اليسرى من الضوء هو الأكثر ، بحيث إنها تنشط حركة المحرك الأيمن . وتنعطف العربة إلى اليسار لتواجه الضوء ، ويقل تجاوز السيارة للحد ، وسرعان ما تضبط العربة حركاتها بحيث تتلقى كلا العينين نفس الكمية من الضوء . وعند هذه النقطة يصبح النظام مستقرا : فالخليتان الضوئيتان تتلقى كل منهما قدرا متساويا من الضوء ، وبالتالى فإنهما تبثان إشارات ذات تردد متساو. وهذا يجعل كلا المحركين يديران العجلتين بسرعة متساوية ، وتتوجه العربة مباشرة إلى الضوء كما تتجه الفراشة إلى الشمعة . وإذ تقترب العربة من الضوء . تزداد كثافة الضوء بما يجعل الخلية الضوئية تبث بتواتر أكثر . وبالتالى فإن العربة تزيد من سرعتها كلما اقتربت من الضوء .

هب أننا نريد تخليق عربة تكره الضوء ، عربة تفضل أشد الأركان ظلمة ؟ سنقوم فحسب بتوصيل كل عين مباشرة إلى العجلة التى فى جانبها . وهذا سيجعل السيارة تلتف بعيداعن الضوء حتى تصل فى النهاية إلى حالة الاستقرار بأن تندفع فى خط مستقيم بعيدا عن مصدر الضوء . وكلما زادت بعدا عنه قلّت سرعة حركتها ، حتى تصل فى النهاية إلى أن تتوقف فى ركن ما معتم .

والعربات ذات الدوائر البسيطة مثل تلك التى وصفناها أعلاه ، والتى تتم استثارتها بمصدر واحد للضوء ، لا يمكن أن تشتغل الإبسلوك بالغ البساطة . وهى تنتهى إما بالاندفاع مباشرة تجاه مصدر الضوء أو بعيدا عنه . هيا ننظر الأمر عندما يكون هناك مصادر ضوء عديدة تنتشر فى الغرفة بحيث أنه عندما تتجة العربة المحبة للضوء إلى أحد مصادر الضوء فإن مصدرا آخر للضوء يجعلها تأخذ فى الانحراف . من الممكن أن تصبح نتيجة ذلك أن تظل العربة تدور فى دائرة . وعلى النقيض فإن العربة الكارهة للضوء سوف تسلك كأرنب مذعور إن كان عليها أن تعبر خطا يوجد بين مصدرين للضوء ، فتتحرك أسرع حركة عندما يكون كلا الضوئين على أقصى قوة ، ثم تتزايد بطئا عندما تتحرك وراء إلى داخل الظل . وحتى تبقى العربات فى حركة إلى مالا نهاية يمكننا أن نضغط مفاتيح النور بحيث تضئ الأنوار المنفردة أو تنطفىء فى الغرفة عشوائيًا .

وثمة بديل آخر : هو الدوائر الأكثر تركبا . ويمكننا مثلا أن ندخل جهازا مشابها للعصبون يسمى «العصبود» . والواقع أن العصبود شكل من الكمبيوتر يحلل ويستجيب للنبضات الآتية من المستقبلات الضوئية أو من العصبودات الأخرى . ويمكن برمجة العصبودات بحيث تولد نبضات خاصة بها . كما يمكن تعجيل تردد هذه النبضات أو كبحه بواسطة ومُدخل من العصبودات أو المستقبلات الأخرى بحيث إن العصبود قد يصبح مستثاراً أو أنه يصبح مكبوحا ، ثم يبث بدوره للعصبودات الأخرى نبضات حاثة أو كابحة. وأهمية هذه الدوائر «القلابة» فى الشبكات العصبية سوف تناقش فى فصل قادم .

ويمكننا أيضا أن نجعل هذه الشبكات العصبية المركبة أكثر تركبا ، كأن نقوم مثلا بإدخال أجهزة استشعار للضوء فى مجال ضيق توجه مباشرة للأمام لتعزز من الخليتين الضوئيتين ذات الزوايا الواسعة اللتين تؤلفان العينين الأصليتين . وأجهزة الاستشعار هذه يمكنها أن تغير من سلوك العربة المحبة للضوء التى تتجه مباشرة للضوء ؛ أو أنه كبديل لذلك يمكن تنشيط حركة العربة لتطارد جسما متحركا ، وبالتالى يتم تخليق عربة روبوت ذات إمكانيات افتراسية . كما يمكن إضافة الإحساس بالصوت واللمس بما يزيد من الذخيرة السلوكية لهذه المخلوقات الآلية ، أو أن أجهزة استشعار معينة للضوء قد تغطًى بالمرشحات بحيث تستجيب فحسب لألوان معينة . وبالتالى ، فإن العربة قد تربض فى هدوء لساعات ، ثم تثب متحركة عندما يعبر خط رؤيتها عربة خضراء وهى تطن عند ترددمعين . ومن الواضح أنه بخلط أنواع شتى من العربات سوف نتمكن من محاكاة أنواع شتى من النظم الإيكولوجية .

أن هذه العربات التى تبدو فى الظاهر «كاللعب» لها أهميتها . فهى توفر لنا بصيرة نافذة فى الطريقة التى يمكن بها لشبكات العصبودات البسيطة نسبيا أن تحاكى سلوك الحشرات وغيرها من الكائنات الحية . وهكذا فإنه فى جامعة كيس ويسترن ريزيرف فى كليفيلاند بأوهايو قامت مجموعة من العلماء (بيزو وزملاؤه ١٩٩١) بتوسيع هذا البحث بأن خلّقت حشرة محاكاه بالكمبيوتر . وقد سميت هذه الحشرة برييلا ناتا كمبيوتريكس ، وذلك على اسم نظيرها الطبيعى ، أى الصرصور الأمريكى برييلاناتا أمريكانا ، وأخذ صرصور المحاكاة هذا يجرى من حوله فى عالمه ذى البعدين (شاشة الكمبيوتر) باحثا عن الطعام ومستكشفا الأطراف ومتجنباً أعداءه المفترسين . وكان جهازه العصبى يتكون من ٧٨ عصبوناً مع ١٥٦ من الوصلات البينية . وهذه الوصلات يمكن أن تكون حاثة أو كابحة . ومخرج عصبون النموذج يعتمد لا فحسب على المدخل الذى يتلقاه من العصبونات الأخرى ، وإنما يعتمد أيضاً على حالته الداخلية . وكنتيجة لذلك فإن عصبون النموذج يمكن أن يظهر تفجرات إيقاعية من النشاط يتم تنظيم أنماطها بالمدخلات التى تأتى من العصبونات الأخرى . ويتيح ذلك لحشرة ب . كمبيوتا تريكس ان تنسق حركة سيقانها الست ؛ بحيث يمكن للحشرة أن تمشى او تجرى . والمشى والجرى يستلزمان مختلف التوليفات والأنماط لحركات السيقان . وقد استطاع

الباحثون محاكاة هذه الحركات على الشاشة . بل إنهم أيضا بمساعدة من مشاركين آخرين أمكنهم بناء روبوت ذى ستة سيقان مستخدمين فى ذلك ما لديهم من الدوائر العصبية بالمحاكاة . ولهذا الروبوت القدرة على ان يتحرك بطريقة متشابهة لسلفه ، أى نموذج الكمبيوتر .

## محساس إينا توفيكر

لدينا مثل آخر لخلق روبوت حيوانى يستجيب للإشارت البيئية ، وصفه ميتشى وجونستون (١٩٨٥) «والمحساس» هو من خلق مثال اسمه إدوارد إيناتوفيكر . ويتكون من إطار فولاذى مفصلى طوله ١٥ قدما ، ويخلق توهما بنوع ما من حيوان كبير ، وله عدة ميكروفونات ونظام رادار دوبلر وضعت كلها على رأسه . وقد بُرمج الكمبيوتر المتحكم فى حركات هذا الوحش بحيث يتفاعل لثلاثة أشياء :

١- الأصوات المتوسطة والمنخفضة .

٢- الضجة العالية .

٣- الحركة .

وهذا الجهاز يتحرك «تجاه» «الأصوات المتوسطة» ، «ويتقهقر» من الضجة العالية و «يتابع» أى جسم يتحرك بسرعة معقولة ، وكما يبين ميتشى وجونستون (ص ١٥٣) فإن سلوك المحساس «له مشابهة خارقة للأشياء الحية» أما الجماهير ... فرد فعلها بالنسبة له فيه انفعال هائل .

والمحساس فى الصباح المبكر فى غياب الناس ، تكون رأسه منكسة وهو يستمع للضجة الخافتة لنظامه الهيدروليكى هو نفسه . ثم يظهر عرضا أحد الموظفين أو زائر من زوار الصباح المبكر ، وتتابع الرأس هذا الشخص وهو يمر بها . وبعدها ، يأتى أطفال للنظر إلى المحساس ، ومع ما يحدثونه من طنين وضحكات فإن هذا يجذب انتباهه . ويقترب المحساس وقد شجعه الصوت ، ويحرك رأسه ليتابع حركات شتى الأطفال حتى يصرخ فيه واحد منهم . وعندها فإنه يتقهقر سريعا . وإذا وجه له طلب هادئ فى أدب يقول له «عد ثانية» فإن هذا الطلب سيأتى به ثانية للأمام .

ويصف ميتشى وجونستون رد فعل إيناتوفيكر نفسه بمجرد أن جعل المحساس يعمل : فقد تنحنح دون وعى ليسلك من زوره ، وفى التو أتى المحساس إليه ، كأنه يستوثق من أنه على ما يرام أم لا .

هذا وقد تم تفكيك المحساس بعد عرضه فى معرض إيفوليون بهولندا . والمحساس يمثل شكلا فنيا جديدا : فهو ليس كائنا متحركا فحسب ، وإنما هو كائن متحرك له القدرة على التفاعل مع البشر . وعربات برايتينبرج هى ومحساس إيناتوفيكر يمثل كل منهما الأنماط البدائية لجيل جديد من الدمى المتفاعلة . وسيكون لهذه الدمى تأثير عميق فيما سيبديه الأطفال ، الذين سوف ينمون فى أوائل القرن الواحد والعشرين ، من مواقف بالنسبة لذكاء الالة .

## النظم الخبيرة

حتى الآن كان تركيزنا موجه لتطور «المعدّة» . على أن هذا ليس إلا جزءا من تطور ذكاء الآلة . أما ما لا يقل عن ذلك اهمية، بل ولعله الأهم ، فهو تطور استخدام الكمبيوتر بحيث يوسع من امتداد الذكاء البشرى . وسوف نهمل متابعة تاريخ المبرمجات - أى شفرة الآلة والمبدال * ، واللغات عالية المستوى ، ونظم التأليف المدعوم بالكمبيوتر - وبدلا من ذلك فسوف نركز باختصار على ناحية واحدة فقط هى تطور الترابط المتبادل بين الكائنات البشرية والكمبيوترات : أى النظم الخبيرة .

وهذا الموضوع قد غطاه باحثون عديدون على نحو يثير الإعجاب . ونقاشنا فيما يلى لهذا الأمر يتأسس إلى حد كبير على كتاب ريتشارد فورسايث المفيد «الأنظمة الخبيرة»؛ وفورسايث (١٩٨٩) يقسم تطور النظم الخبيرة إلى أربع مراحل ، كل منها على علاقة ارتباط مع أحد العقود على وجه التقريب .

وهكذا شهدت الخمسينيات ظهور «مدراك روزنبلات» **Perceptron** .

ويمكن على أساس من الشبكات العصبية أن يتم تدريب المدراك على التعرف على طائفة محدودة من الأنماط . وخلق المدراك كان مما يتوافق مع الاهتمام بالسبرناطيقا الأمر الذى كان نوربرت وينر هو رائده الأصلى ، ثم أصبح الرائد فيما بعد هو وارين ماك كلوتش . والأساسى المنطقى للمدراك هو أنه ينبغى بالنسبة لنظام من محاكاة العصبونات التى ترتبط فيما بينها ارتباطا قويا ، أن يكون من الممكن لهذا النظام أن يبدأ من نقطة معرفة لاشىء ، ثم يحدث له مع ممارسته لشتى المدخلات التى تُعزّز إيجابيا أو سلبيا أن ينمى أنماطا من الارتباطات التى تكوّن الأساس لاستجابته استجابة متعلمة . هكذا كانت النظرية ، إلا أن تطبيقها بنجاح لم يتم إلا بعد أربعة عقود أخرى على الأقل .

* برنامج للكمبيوتر يقوم بتلقى مدخلات البيانات الرمزية وتبديلها (أو تحويلها) إلى أوامر يمكن استخدامها فى الكمبيوتر ، أى أنها تتبدل إلى لغة آلة بحيث يمكن للكمبيوتر أن ينفذ البرنامج . (المترجم) .

والحقيقة أن هذه الطريقة للتناول - أى خلق كمبيوتر يحاكى الجهاز العصبى البشرى - كانت أمرا سابقا بمراحل على وجود التكنولوجيا اللازمة لتنفيذه (بما يذكرنا بحالة باباج والليدى لوفليس) ، ورغم هذه الحقيقة إلا أن هذا التناول قد وضح من مفهومين مفيدين :

١- أنه لا يمكن وجود ذكاء آلة متقدم إذا كان النظام لا يستطيع التعلم .

٢- الذكاء البشرى يستلزم غالبا التعرف على النمط - وليس فيه إلاجزء صغير يستلزم تطبيق الاستدلال المنطقى .

وشهدت الستينيات طريقة التناول «بالبحث التجريبى الحدسى» ، وروائدها فى جامعة كارنيجى - ميلون هما ألن نيوول وهربرت سيمون . ومجموعة كارنيجى - ميلون قد قذفت بعيدا بنموذج الشبكة العصبية ووضعت مكانه فكرة أن التفكير البشرى يستلزم المعالجة المنطقية للمعلومات . وهذه المعالجة تتأسس على تناول الرموز - أى مقارنتها وبحثها وتعديلها واستبدالها ... الخ . والأمر الذى جعل طريقة التناول هذه جد جذابة هو أن معمار كمبيوترات فون نيومان المؤسس على المنطق ، كان معمارا مناسبا على نحو مثالى لتنفيذ هذه المهام .

وهكذا فإن نظرية البحث التجريبى الحدسى كانت على النقيض من فكرة الشبكة العصبية ، من حيث إنها فكرة أمكن اقترانها بتكنولوجيا جاهزة لتنفيذ أفكارها . وقد تكلل هذا التناول بخلق «الحلال العام للمشاكل» . وهو جهاز كان صالحا للعمل بالنسبة لمجال محدود من الألغاز التى لهار قواعد أساسية محددة تحديدا جيدا ، كما مثلا فى مباراة للشطرنج . أى أنه طالما أننا نستطيع أن نحدد بوضوح الأهداف والبيانات التى سيتم تناولها ، ثم نوفر القواعد المحددة بوضوح لهذا التناول ، فإن الحلال العام للمشاكل سيستطيع القيام بمهمته .

ولسوء الحظ فإن مشاكل الشئون البشرية التى يمكن تحديدها بمثل هذا الإحكام قليلة العدد . وعلى أى حال فقد ساعد هذا الجهاز على إعداد المسرح للخطوة التالية ، وهى خلق النظم الخبيرة . وكان هناك فى السبعينيات فريق عمل فى جامعة ستانفورد يقوده إدوارد فايجنبوم ، وقرر هذا الفريق أن يقلل من المجموع الكلى للمعرفة المتاحة للخبير ، بما فى ذلك أحكام التجربة العملية ، وقللت هذه المعرفة إلى مجموعة من البيانات والقواعد المتماسكة وإن كانت مبسطة ، بما يجعل التناول بالتجريب الحدسى أمرا متاحا .

ولما كان المخ البشرى هو الأفضل كثيرا فى الكشف عن الأنماط وفى تخليق الأنماط، فإن الالتجاء إلى المنطق كالأداة الأساسية للتحليل واتخاذ القرار قد نتج عنه نظام - أى النظام الخبير - هو ، كما يوضح فورسايث ، ينتهى لأن يصل إلى أن يكون

«تقريباً صورة كاريكاتيرية للخبير البشرى الحقيقى» . ومع كل فقد نتج عنه بعض نتائج مفيدة بل ومثيرة : ومن بينها نظام دندرال ، وهو نظام فايجنبوم لتفسير الرسم الطيفى ، ونظام ميسين ، وهو نظام شورتليف الذى يشخص العدوى بالدم ، ويصف الأدوية المناسبة ، ونظام بروسبكتور ، وهو نظام خبير جيولوجى يساعد على اكتشاف الرواسب الجديدة من الموليبدينوم .

أما الثمانينيات فقد شهدت ظهور تعلم الآلة كمفتاح لما تلا من تطور فى الذكاء الاصطناعى . وكان نظام لينات المسمى يوريسكو يتضمن نظاما له القدرة على تحليل كيانه هو نفسه من قواعد التجريب الحدسى ، ليحسّن منها ويوسعها . هذا وقد أنشأ ميكاليسكى وزملاؤه فى جامعة الينوى مولدا لقواعد الاستقراء أسموه Aq11 ، وغذوه بعدة مئات من التوصيفات لشتى نباتات فول الصويا المريضة . وطور Aq11 مجموعته الخاصة من قواعد التشخيص التى ثبت فى النهاية عند تطبيقها على حالات جديدة أنها تكون صحيحة بنسبة تزيد على ٩٧ ٪ . وقد ثبت أن هذه القواعد التشخيصية تفوق تلك التى يستخدمها أحد الخبراء من المتخصصين فى علم أمراض النباتات ، والذى يذكر له بالفضل أنه هجر ما عنده من قواعد الحكم بالتجربة العملية – وهى قواعد كانت صحتها بالنسبة للعينات غير المرئية هى فحسب بنسبة ٨٣٪ – وعلم هذا الخبير لنفسه القواعد التى ولدتها الآلة . وهو يستخدم هذه القواعد الآن لتحليل العينات التى ترسل إليه من شتى انحاء الولاية . وكما يوضح فورسايث فإن : «هذه أول حالة مسجلة لقاعدة معرفة ق ابتكرتها الآلة وتفوق أداء الخبير البشرى» *

ويعقب ميتشى وجونستون (١٩٨٥) على ما حدث من تقدم فى النظم الخبيرة ويذكران صراحة (ص ١١٥) أن : «المعرفة هى القدرة على الإجابة بإجابات صحيحة عن الأسئلة ... والكمبيوترات يمكنها الإجابة عن الأسئلة ، وبالتالى فإنه يمكنها الحصول على المعرفة ... أما ما لا يعرف جيدا فهو أن الكمبيوترات ليست فحسب قادرة على أن تحوز معرفة ، بل إنها أيضا يمكنها (خلقها) . (الأقواس فى الأصل) . وتتأسس حجتهما إلى حد كبير على حقيقة أن الكمبيوترات أثناء عملية معالجتها للمعلومات ، تخلق بنيانات معرفية جديدة . وإبداع مهندس المعرفة هو الذى يخلق القواعد التى تقوم الكمبيوترات عن طريقها بإعادة تنظيم المعلومات . وقد أصبحت هذه الأنظمة الآن ذات تركب كافٍ بحيث إن هذا المزيج من الذكائين البشرى والآلى تنتج عنه نتائج لا يمكن التنبؤ بهاً . والكمبيوترات عندما تثير ذهول سادتها من البشر يمكننا أن نقول عنها إنها تظهر سلوكا مبدعا – شكلا من الذكاء أرقى من ذلك الشكل الذى يستطيع فحسب أن يستجيب للأسئلة الجديدة بأجوبة محفوظة .

* يمكن المحاجة هنا بأن نظام ويدرو للتنبؤ بحالة الجو فى ١٩٦٢ قد فاق فى أدائه علماء الأرصاد الجوية – وهذا موضوع سيناقش فى الفصل التالى الذى يتناول كمبيوترات الشبكة العصبية .

والسلوك المبدع يستلزم استكشاف أو استخدام توليفات جديدة من الحلول . وحل إحدى المشاكل يتطلب «الذكاء» . أما حل المشاكل بطرائق جديدة فريدة فأمر يتطلب «إبداعا» . وكمثل فإن حل مسألة شطرنج يتطلب ذكاءً ، أما حلها بأسلوب جديد فريد فيتطلب إبداعا . وبالتالى فإن الإبداع يجب أن يعد شكلا متقدما من الذكاء .

## الشبكات

لا يمكن لأى ذكاء بشرى فعال أن يتطور لما هو أبعد من مستوى القرية إلا فى وجود نظام فعال من الاتصالات بعيدة المدى . وبالنسبة للذكاء ، الجماعى القومى ، وفى النهاية بالنسبة كذلك للذكاء الجماعى الكوكبى ، سنجد أن نظم الاتصالات التى كانت تستخدم سعاة يستعملون إما الأقدام أو الخيول أو السفن ، لهى نظم بطيئة وعاجزة . بل إن إشعال إشارات من النيران للتحذير من غزوات وشيكة - سواء حدث ذلك فى كوريا أم فى إنجلترا بالعصور الوسطى - كان فيه وسيلة أسرع كثيرا ، ولكنها وسيلة غير قادرة على نقل الكثير من المعلومات .

أما الاختراق الناجح الذى حدث باستخدام ذكاء الآلة ، فقد كان عليه أن ينتظر أولا التواصل إلى تسخير الإلكترونيات النابضة . ولإيضاح كيف أن هذه النبضات أقوى كثيرا من السعاة من البشر لن نحتاج إلا لأن ننظر فى مصير بريد الخيل السريع الشهير بأمريكا .

وبريد الخيل السريع يمثل أقصى ما للتاريخ من سحر من حيث فتح غرب أمريكا وتوحيد الساحلين * . وفى ١٨٦٠ كان لا يمكن لكاليفورنيا أن تتلقى الأخبار من الشرق إلا بعد ثلاثة أسابيع من رحلة بالبر تستخدم عربات شركة بترفيليد ستيج كوش من سانت لويس ، أو بعد ستة أسابيع بواسطة سفينة بريد عبر بنما . أما بريد الخيل السريع فقد كان بالنسبة للناس فى الغرب الأقصى بمثابة هبة إلهية . وكان هذا البريد يبدأ من سانت جوزيف بأعلى النهر من كانسانسى سيتى ، إلى ساكرمنتو أعلى النهر من سان فرنسيسكو ، وكان يمكن لهذا الخط إيصال البريد فى المتوسط فى عشرة أيام . وإذ واجه خط بريد الخيل السريع التحديات من وعورة الريف ، والطقس المعادى والعصابات ، والهنود ، ومخاطر أخرى ، فقد نشأ عنه أبطال شعبيون مثل بافلوبيل . أما الأمر الذى لا نتبينه عامة فهو أن المشروع كله الذى بدأ فى ٣ أبريل ١٨٦٠ لم يظل باقيا إلا لحوالى ١٩ شهرا (فيندلى ١٩٨٠) . والسبب فى ان نظام بريد الخيل السريع

* المقصود ساحلى الولايات المتحدة الشرقى والغربى (المترجم) .

قد تهاوى أنه قد تم إنشاء اتصال تلغرافى عبر القارة بحلول نهاية أكتوبر ١٨٦١ . ومما يثير السخرية أن خطوط التلغراف تم شدها عبر نفس الطريق الذى أسسه بريد الخيل السريع .

وفى خلال مدى زمنى قصير نسبيا ( من الوجهة التاريخية ) تم تجاوز التلغراف باستخدام التليفون ، والاتصال بالراديو وآلات التليكس والفاكس ونظام الفيديو ذى الاتجاهين ، والبريد الإلكترونى - حشد من الأجهزة الإلكترونية كلها تسهم فى الجهاز العصبى الكوكبى البازغ .

وليس من مهمة هذا الكتاب أن يعرض ويقيم شبكات الكمبيوتر وأوجه التقدم الحديثة فيها . على أن هناك جانبا واحدا يحتاج إلى إعادة التأكيد عليه : فمن المهم أكثر الاهمية من أجل خلق ذكاء جماعى أن يوجد نظام اتصال كفء بين وحدات الذكاء الفرعية . ويصدق هذا على الخلايا فى الكائن الحى وعلى الحيوانات وهى فى مجتمع ، وعلى الأفراد الذين فى جماعة ، وعلى الجماعات التى فى مجتمع . وقد ناقشنا أعلاه وفيما سبق أهمية نظم الاتصالات الإلكترونية فى تعزيز الذكاء الجماعى البشرى الكوكبى . ويجب الآن أن نؤكد أهمية شبكات الكمبيوتر فى خلق الذكاء الجماعى الآلى «الكوكبى».

عندما تم فى الولايات المتحدة ١٩٦٩ بناء الشبكة الأصلية لوكالة مشاريع البحوث المتقدمة ، كانت الخطوط السريعة فى تلك الأيام تستطيع أن تنقل ٥٠ كيلوبايتة فى كل ثانية (كاهن ١٩٨٧) وبحلول أواخر الثمانينيات كان هذا المعدل قد زاد بحوالى ١٠٠٠ اً مثل . ومع نهاية القرن ، لن يكون من غير المعقول أن نتوقع سرعات من ١٠ جيجا بايتة فى كل ثانية ، وإذا تم تصميم الإشارات ، فربما سيكون من المكن الوصول إلى معدلات نقل تفوق ١٠٠ جيجا بايته فى الثانية على الليفة الضوئية المفردة.

ويعنى هذا أن الكمبيوترات ستكون قادرة على نقل قواعد بيانات هائلة من أحد الكمبيوترات إلى الآخر - وستفعل ذلك فى أقل من ثانية - بل إن هذا يعنى أيضا أن الكمبيوترات ستكون قادرة على إرسال صور ملونة بمعدل السرعة التقليدية للأفلام ، أى معدل ٣٠ لقطة فى الثانية . وبالنسبة للزمن الحقيقى فإن إرسال الفيلم الرقمى على شاشة نقط ضوئية ١٠٠٠اً × ١٠٠٠اً يتطلب ٣٠ ميجا بايتة فى الثانية لصور الأبيض والأسود ، و ٢٤٠ ميجابايتة فى الثانية للصور الملونة . والمرء يمكنه عند ١٠أو ١٠٠ جيجا بايته إرسال شاشات أكبر كثيرا مع دقة تحدد أعظم وبيانات أزيد كثيرا . وبالاستشهاد بروبرت كاهن أحد منشئ شبكة وكالة مشاريع الأبحاث المتقدمة نجد أنه كتب فى مجلة «سينتيفيك أميريكان» فى ١٩٨٧ (ص ١٣٥) : «إن ماتعدنا به الألياف الضوئية بالنسبة لشبكات الكمبيوتر هو أنها سوف تجعل فى الإمكان تدفق المعلومات بالمستويات اللازمة لأن تفى الشبكات بهدفها النهائى ، وهو أن تجعل الكمبيوترات قادرة على أن يكون إسهامها فيه ذكاء» .

وتحت هذه الظروف ، سنجد أن الكمبيوترات التى «يتحدث» أحدها للآخر ستتشارك في المعلومات بطريقة قريبة من الدرافيل أكثر من قربها للبشر : فالدرافيل قد توصّف أحد الأجرام بأن تحاكي فحسب تحديد الموقع بالصدى ، وبالتالى فإنها ترسل عن هذا الجرم معلومات تكون فيما يحتمل أكثر تفصيلا عما يستطيعه البشر باستخدام الكلمات . والكمبيوترات بدورها ستكون حتى أكثر كفاءة ، حيث إن لها القدرة على «التحاور» بواسطة الصور المتحركة ، والصوت والتقاط البيانات الإضافية (كما مثلا باستخدام مدى واسع من الترددات الكهرومغناطيسية لتوصيف سطح الجرم وملامحه الداخلية) وكذلك بواسطة تحليل البيانات تحليلا متزامنا . وكمثل إذا كان أحد الكمبيوترات يستخدم في تشخيص حالة مريض وعليه أن يتصل بكمبيوتر من نوع «النظام الخبير طبيا» ، فإن الكمبيوتر الأول يمكنه أن يرسل فى أقل من ثانية صورة للمنطقة المصابة ، وصورة بالأشعة تحت الحمراء ، وصورة بأشعة إكس ، وصورة موجات صوتية ، وكل التاريخ الطبى للمريض ، وأى معلومات أخرى تتعلق بالأمر . ويمكن أن تومض هذه الصور عبر العالم من كمبيوتر إلى الآخر ، بمثل ما تومض الصور به عبر مخنا – وكما أن تريليونات العصبونات قد تكاملت لتوفر ذلك الشكل من الذكاء العصبى الجماعى الذى نسميه «المخ البشرى» ، فبمثل ذلك تماما سيحدث بمضى الوقت أن يتم خلق ذكاء جماعى آلى كوكبى . وبالتالى ، فإن المخ الكوكبى سيبزغ كخليط من الذكاء الجماعى البشرى والآلى .

## فيروسات الكمبيوتر : ذكاء اصطناعى حقيقى

فيروسات الكمبيوتر تمثل شكلا من أشكال الذكاء المخلوق بشريًا لا يمكن تصنيفه كذكاء «آلى» . ومن الحقيقى أن هذه الفيروسات قد تم خلقها من خلال ذكاء الآلة ، وأنها تعتمد كلياعلى هذا الذكاء . إلا أن فيروسات الكمبيوتر لها تميزها عن ذكاء الآلة بمثل تميز الفيروسات البيولوجية عن الخلايا التى تتطفل عليها .

وحسب المعايير التى وضعت فى الفصل الأول ، فإن فيروسات الكمبيوتر يجب أن تصنف ككيانات ذكية : فهى قادرة على تحليل بيئتها ثم القيام باستجابات ذكية تدعم من قدرتها هى نفسها على البقاء والتكاثر .

أما ما تسمى بفيروسات الجيل الثانى فإن لها القدرة على تجنب اكتشافها (وبالتالى تجنب تدميرها) بالطرائق الأكثر تقليدية . وكمثل فإن فيروس مثل «٤٠٩٦» له القدرة على خداع البرامج المعتادة فى أنه لا يمكّن من استنباطه هو نفسه من الذاكرة

الحرة . فهو يجعل نفسه خفيا . وفى وقت كتابة هذا ، ثمة عشرات عديدة من الفيروسات المعروفة . وبعضها شديد الخبث مثل فيروس «أورشليم» وفيروس «الجمعة الثالث عشر» ، وهناك فيروسات أخرى تعد سخيفة لاغير : فتخلق ضجيجا إلكترونيا ، بينما هناك فيروسات أخرى تعد نسبيا حميدة ، فهى فحسب تحدث اضطرابا فى الذاكرة .

ليس من هدف هذا الكتاب أن يناقش المشاكل العملية التى تخلقها هذه الفيروسات فيما عدا أن نوضح أن إمكاناتها التدميرية إمكانات هائلة تماثل ما للفيروسات البشرية (الجدرى وشلل الأطفال والإيدز .. الخ) . ونظم ذكاء الآلة - البشر الكوكبية يمكن أن تكون مستهدفة أقصى الاستهداف للعدوى بالفيروسات على المدى الطويل ، بما يخلق كوارث يمكن مقارنتها بأوبئة الطاعون الدبلى - أو الموت الأسود - فى العصور الوسطى . دعنا نأمل أننا سوف نستطيع خلق نظم «صحة عامة» للكمبيوتر بحيث تعطينا مناعة من فيروسات الكمبيوتر أو تشفينا منها أو الأفضل أن تُستأصل كلية مثلما استؤصل الجدرى . والمشكلة هنا فيها مماثلة لمشكلة بزوغ توليفات وراثية فى الطبيعة (أو فى المعامل) لسلالات جديدة من الجراثيم المسببة للأمراض البشرية مثل مرض ليجيونير أو مرض الإيدز . وحين خلقت مارى شيلى فرانكنشتين * فقد كانت تعبر بذلك عن خوفنا الجماعى من أن ينحرف العلم . وفرانكنشتين ، ذلك الوحش الأميل إلى الضخامة والجسد المفزع ، إنما يعد دبا مروضا عند مقارنته بإمكانات الخراب الذى يمكن أن تنزله بنا فيروسات الكمبيوتر ، هذه الجسيمات الذكية من معلومات واقع افتراضى والتى خلقناها نحن أنفسنا .

على أن ثمة وجها آخر أكثر إيجابية : فخلق فيروسات الكمبيوتر يمثل علامة فارقة فى تطور الذكاء . فنحن البشر قد خلقنا الوسط الذكى ومعه كذلك الكيان الناسخ لذاته الذى يستطيع أن يتكاثر فى هذا الوسط .

وكما سبق مناقشته ، فقد حدث منذ عدة آلاف من ملايين السنين أن بزغت فى وسط معقد من جزئيات عضوية ومعادن طفلية ، أول الكيانات الناسخة لذاتها والتى حدث أن تطورت إلى «الحياة» الحقيقية . وبالمثل ، إذا كان كوكب الأرض هو الموضع (فى هذا الجزء من الكون) الذى يتحرك فيه تطور نظم المعلومات المتقدمة من «الحياة» إلى «الذكاء» فإننا إذن نحن البشر نكون قد أنجزنا ما يكافىء خلق نقطة الابتداء «للحياة» .

وفيروسات الكمبيوتر تمثل شكلا من أشكال ذكاء الذكاء ؛ ذلك أنها ما إن يتم خلقها حتى تصبح كيانات ناسخة لذاتها ، ولا تعود بعد مما يعتمد مباشرة على طبقة أساس «حية» لازمة لوجودها - وبدلا من ذلك فإنها تنمو على المعلومات الخالصة التى يوفرها ذكاء الآلة . وسوف نرى فى الوقت المناسب فيروسات تطفر وتظهر تكيفا بالنسبة لبيئتها (المعلوماتية) .

---

* بطل رواية عن عالِم خلّق مسخا ماردا (فرانكنشتين) كان السبب فى هلاك مبدعه وهلاكه هو نفسه. (المترجم) .

## Literature Cited


J Backus (1978) Can programming be liberated from the von Neumann style? Commun ACM 8: 613 - 641 .

RD Beer , HJ Chiel and LS Sterling (1991) An artificial insect, Am. Sci. 79: 444-452.

A Benson and N Warburton (1986) Looms and Weaving , Shire Pulications, No.154, Aylesbury, Bucks.

E Braun and S MacDonald (1978) Revolution in Miniature, Cambridge University Press .

AK Dewdony (1987) Computer recreations, Sci. Am. 256(3): 8-12.

C EVans (1979) The Mighty Micro , Victor Gollancz, London.

C EVans (1981) The Making of the Micro, Victor Gollancz, London.

R Findley (1980) The pony express, Nat. Geographic 158(1) : 45 - 71.

T Forester (ed) (1980) The Microelectronic Revolution, Basil Blackwell, Oxford.

R Forsyth (1986) Machine Learning, in ArtiFicial Intelligence(M Yazdani ed), pp.205-225, Chapman and Hall, London.

R Forsyth (ed) (1989) Expert Systems, 2nd edn, Chapman and Hall, London.

WD Hillis (1985) The Connection Machine, The MIT Press, Cambridge, Mass.

RE Khan (1987) Networks for advanced computing, Sci. Am. 257(4):128-135.

AR Mackintosh (1988) Dr Atanasoff' s computer, Sci. Am. 259(2):72-78.

D Michie and R Johnsto (1985)TheCreativeComputer,PelicanBooks,Harmondsworth.

M Minsky (ed) (1968) Semantic Information Processing, The MIT Press, Cambridge, Mass.

A Pacey (1975) The Maze of Ingenuity, Holmes and Meier, New York.

T Stonier (1981) What makes a micro tick? in The Making of the Micro (C Evans ed) ,pp. 108-115, Victor Gollancz, London.

T Stonier (1989) Expert systems and the knowledge revlution in Expert Systems (R Forsyth ed) , pp. 222-241, Chapman and Hall, London.

G Szamosi (1986) The Twin Dimensions, McGraw-Hill, New York.

T Toffoli and N Margolus (1987) Cellular Automata Machines, The MIT Press, Cambridge, Mass.

J Weizenbaum (1984) Computer Power and Human Reason, Pelican Books, Harmondsworth.

GJ Whitrow (1975) The Nature of Time, Pelican Books, Harmondsworth.

## ٧ - الكمبيوترات والمخ البشرى

### مقدمة

الذكاء البشرى فى أغلبه لا يعمل بمثل ما تعمل به آلة المنطق من نوع فون نيومان. فهو فى أغلبه لا ينشغل فى استدلال دقيق متعاملا مع رموز مجردة . وثمة مغالطة كبيرة ربما تكون مؤسسة على نوع من الغطرسة التكنولوجية – وهى أن المخ البشرى يعمل مثل آلة منطق ، وبالتالى فإن الكمبيوترات التى خلقتها العبقرية الجماعية لرجال مثل أتاناسوف وباباج وبوش وتيرينج وفون نيومان وزوس ، هى عند وصولها إلى حد الكمال سوف تتصرف مثل الأمخاخ البشرية .

والحقيقة أن أول أربعة أو خمسة أجيال من الكمبيوترات تمثل آلات قد أصبحت معالجتها للمعلومات تجرى على أقصى درجة من السرعة والدقة ، ولكنها غير متفهمة لها ، بينما أفراد البشر ينشغلون فى عملية للتفكير هى وإن داومت على أن يكون فيها خرق وغموض إلا أنها مفعمة بالتبصر .

والهدف من هذا الفصل أن نبحث هذه الحال من الأمور ، وأن ننظر فى المستقبل ؛ على أننا سنبدأ بالنقد .

### نقد المنطق

نحن نعيش فى عصر عقلانى حيث المنطق هو الملك . والكمبيوتر هو ونظام آلاته ذات المرجعية المنطقية يعد الامتداد النهائى لهذه الفلسفة .

وكون هذه الفلسفة لها جدارتها امر تثبته فعالية الكمبيوترات ، التى برهنت على ما للمنطق من سمة عملية . وبالتالى ، ليس مما يدهش أن نجد أن فلسفة الكمبيوتر – بما هى عليه – لم يقتصر أمرها على الفشل فى إثارة الشك فى تفوق المنطق كمنهج لحل كل المشاكل ، ولكنها أيضا بصفة عامة تنزع إلى إهمال كل طرق التناول الأخرى . وهذه النظرة ذات التوجه المنطقى يمكن أن يثبت أنها عائق رئيسى لإحداث مزيد من التطوير للآلات المفكرة المعقدة .

إن الأمر الذى يجيده المخ البشرى أفضل إجادة هو اكتشاف الأنماط . واكتشاف الأنماط يتأسيس على ربط أحداث أو تصرفات معينة مع أشياء أو ظروف معينة ، أو

ربطها أحدها مع الأخر . والكثير مما نسميه «الحس المشترك» يتأسس على قدرتنا على إدراك الأنماط . ولابد وأن هذا أيضا هو أحد العناصر المهمة لما نسميه «بالحكمة» . والربط بين الأنماط هو بالطبع شكل من الذكاء يعد أكثر بدائية بكثير عن المنطق . فهو فحسب امتداد للأفعال المنعكسة المشروطة : فاذا حدث فى بيئة أحد الكلاب – كما فى معمل بافلوف – أن كان ظهور الطعام يسبقه دائما رنين أحد الأجراس ، فإن الكلب يدرك نمطا : وهو أن رنين الجرس يعقبه الطعام فيما يحتمل . وبالمثل ، فإن السمكة فى حوضها يمكن تدريبها على الاستجابة لعوامل الاستثارة الخارجية . والبشر عندهم مخ أرقى كثيرا جدا من مخ السمكة . على أن قدرتنا على أن نكون أشد حنكة بكثير عن السمكة فى اكتشاف الأنماط الرهيفة ، أمر ينبغى إلا يمنعنا عن إدراك أن هذا الاختلاف هو مرة أخرى اختلاف يعكس فحسب طيفا من الظواهر – أى ليس اختلافا نوعيا .

والمشكلة فى أمر المنطق هى كالتالى : «المنطق المعصوم من الخطأ عندما يطبق على فروض مغلوطة لا يمكن أن يؤدى إلا إلى استنتاجات مغلوطة» ، ويصدق هذا على المحاجات الرياضية مثلما يصدق على المحاجات المنطقية اللفظية . والعلم يستمد قوته من حقيقة أن المنهج العلمى عن طريق المشاهدة والتجريب يتفوق على عملية «الفرض – الاستنباط – الاستنتاج» . وذلك أن العلم هكذا يقارن ويدقق دائما بين الاستنتاج وبين الواقع الذى تمدنا به الطبيعة .

والكائنات الحية فى الطبيعة عليها أن تقوم بعملها فى هذا الواقع ، ومعظم القرارت يجب اتخاذها سريعا مع وجود بيانات منقوصة . ويصدق هذا على المديرين ، ومعظم أفراد البشر الذين يكون عليهم إصدار قرارات مهمة . وعدم كفاية البيانات يؤدى إلى فروض مغلوطة هى كما قلنا أعلاه لا يمكن أن تؤدى إلا إلى استنتاجات خطأ . وفى هذه الظروف ، فإن الربط بالأنماط – أى ردود الفعل الباطنية – يكون مرشدا يوثق به إلى حد أكبر كثيرا من المنطق ، خاصة إذا كانت ردود الفعل هذه تتضمن إنجازات ذات تشارك جماعى ، وتتأسس على الخبرات الماضية لذكاء الثقافة الجماعى .

ولهذه الإسباب فإن ما سيأتى فيما بعد من إنجاز ناجح بالنسبة لذكاء الآلة ليس مما يحتمل أن يتأتى من آلات المنطق التى تتزايد أبدا فى تعقدها ، وإنما سيتأتى من تطوير آلات الشبكات العصبية التى لها القدرة على أن تحاكى الجانب الغالب من نشاط المخ البشرى . وليس معنى هذا أن مستقبل ذكاء الآلة سيكون حسب موقف «إما هذا وإما ذاك» – إما المنطق وإما إدراك النمط ، إما آلات فون نيومان وإما كمبيوترات الشبكة العصبية – والأخرى أن الأمر سيكون مثلما هو عليه فى المخ البشرى ، أى أنه توليفة من الاثنين معا .

كما سبق أن ناقشنا ، فإن أحد العناصر المفتاح فى كل الأشكال الأرقى من الذكاء هو القدرة على التعلم . وبالتالى فإننا لا يمكننا أن نعتبر أن الآلات «حاذقة» إلا إذا أظهرت القدرة على التعلم . والحقيقة أننا نعتبر أن الأطفال هم والحيوانات يكونون حاذقين عندما يتعلمون سريعا : وكلما زادت سرعة تعلمهم ، كانوا أكثر حذقًا .

والتعلم فى النظم البيولوجية يستلزم القدرة على اكتشاف (وتذكر) الأنماط بين الأشيـاء والأحـداث . وهذا يوجب على علمـاء المعلومـات أن ينظروا إلى النمـاذج البيولوجية لترشدهم فى بحثهم عن آلات ذكية حقيقية ، وقد كتب فورسايث (١٩٨٦ ص ٢١٨) عرضا للنظم الثلاثة الأكثر أثارة للاهتمام - أى الجهاز العصبى ، وجهاز المناعة ، وعملية التطور .

وسوف نضع «الجهاز العصبى» جانبا فى لحظتنا هذه ، حيث أن معظم باقى هذا الفصل موجه إلى كمبيوترات الشبكة العصبية . أما «جهاز المناعة» فهو جهاز يعمل على المستوى الجزيئى ، ويتعلم التعرف على ملايين البروتينات . ويبدو وقت كتابة هذا أن ليس لهذا الجهاز أى علاقة مهمة بمعمار الكمبيوتر . على أنه إذا حدث وأصبحت الكمبيوترات البيولوجية أمرا واقعا ، فإن الجهاز المناعى قد يكون له عندها الكثير مما يقدمه كنموذج .

وقد أشرنا من قبل إلى «عملية التطور» فى مناسبات عديدة : فأى نوع من الكائنات الحية أوأى جماعة منها تظهر ككل القدرة على التعلم أثناء سباق تطورها . وهذا هو السبب الرئيسى فى أننا يمكننا أن نعزو خاصية الذكاء إلى كل أشكال الحياة . وبالنسبة لمجتمع الذكاء الاصطناعى أصبحت طريقة التناول بواسطة عملية التطور تعرف بأنها طريقة تناول «الخوارزم الوراثى» والتى يضرب المثل عليها برنامج بيجل* لريتشارد فورسايث (الخوارزم البيولوجى التطورى المولّد للتعبيرات المنطقية) . وخوارزم بيجل التعليمى يتألف من تكرار مجموعة من الإجراءات لأجيال كثيرة (كما عرض فورسايث ١٩٨٦) . وهذه الإجراءات تقيم قواعد أو توليفات جديدة للقواعد مع بيانات التدريب الموجودة من قبل أو بيانات التدريب الجديدة . وعند كل دورة (أو جيل) ترتب الاجراءات القواعد ترتيبا تنازليا حسب الجدارة ، ثم يهمل النصف الأسفل ، ويحل مكانه مجموعة جديدة من القواعد يتم تخليقها بتوليف القواعد المختلفة التى تؤلف النصف الأعلى الذى ظل باقيا . والقواعد المختلفة فى النصف الأعلى هى أيضا ينالها تغير طفيف (تصيبها الطفرة) فيما عدا أعلى قاعدة منها . ثم يتم تنسيق كل القواعد مع حذف بعض حشو معين ، وحذف العناصر ذات السلب المزدوج ،... الخ . ويصبح النظام الآن مهيأ لأن يدور من خلال الدورة التالية .

* بيجل أصلا تعنى نوعا من كلاب الصيد ، ولكنها هنا كلمة مكونة من الحروف الأولى للكلمات فى جملة : Biological Evolutionary Algorithm Generating Logical Expressions (المترجم) .

وبرنامج فورسايث يحاكى تطورا بسيطا على منوال يشبه ما فى الحياة . فهو يظهر على نحو نموذجى نوعا سائدا لفترة ما ، أى قاعدة وحيدة تظل على القمة لعدة أجيال ، وفجأة تماما يحل محلها خط سلالة جديده أرقى ، هو عادة لمتباين من واحد من نفس ذريتها . وكمثل ، فإنه لتقييم مستقبل سير الحالة عند مرضى القلب الذين يدخلون إلى المستشفى قد أكد بيجل ، بعد ١١١ من الأجيال ، على حالة متوسط الضغط الشريانى للمريض . وبعد ١١١١ من الأجيال تحول ذلك إلى قاعدة على القمة تؤكد على العلاقة بين الضغط الشريانى وكمية إخراج البول (يؤدى اختلال وظيفة القلب زمنا طويلا إلى فشل الكلى) . فبيجل قد اكتشف (وتذكر) نمطا يتيح له أن يحكم على مدى شدة نوبة القلب . لقد «تعلم» ما الذى يجب ان يبحث عنه .

## مقارنة الكمبيوترات الكلاسيكية بالمخ البشرى

قبل أن نواصل المزيد من الكتابة قد يكون من المفيد أن نضع جدولا بالفروق الرئيسية بين الكمبيوترات الكلاسيكية والمخ البشرى ، على الأقل بقدر ما هو مفهوم بالنسبة للمخ البشرى . وكلمة الكلاسيكية هنا تشير إلى الآلات التقليدية من الجيل الأول حتى الخامس من آلات فون نيومان . (سوف نبحث فيما بعد الكمبيوترات غير الكلاسيكية مثل «ماكينة ربط» هيليز ، «وآلات الأوتوماتا الخلوية» وكمبيوترات «الشبكة العصبية» (أى كمبيوترات ش . ع .) .

وجدول (١ . ٧) يبين أن الكمبيوتر بالمعنى الأوسع يمكن أن يعتبر بلورة مركبة لا دورية لها بعض خصائص إلكترونية فريدة . ودورة عمله تتأسس على أسباه الموصلات بالاضافة إلى الموصلات لتكمله النظام . ومن حيث المبدأ فهو يختلف تماما عن الجهاز العصبى البشرى كما أنه أقل حنكة منه بصورة جوهرية . وكما توضح مرجريت بودن (١٩٨٧) فقد : «بين لنا ذكاء الآلة أننا أبرع كثيرا مما كنا نعتقده فيما سبق ، وهذه نظرة يدعمها بحث ميلر وجيلدى (١٩٨٧) الذى أثبت أنه عن طريق التحليل السياقى ، فإن الأطفال فى السنوات ما بين الطفولة وأواخر العشريات يكتسبون قدرة على التعرف على كلمات يبلغ عددها ٨٠٠٠٠ ، وهم فى المتوسط يتعلمون التعرف على أكثر من عشر كلمات جديدة فى كل يوم .

جدول (٧.١) : بعض الفروق الرئيسية بين تشريح وفيزيولوجيا الكمبيوترات الكلاسيكية والمخ البشرى :

| الكمبيوتر | المخ البشرى |
|---|---|
| ١- معلاج رقمى للمعلومات يتأسس على دوائر ذات مفاتيح تحويل ثنائية . | ● معلاج معلومات بالقياس بالتماثل يشمل جهازا عصبيا مركبا مع عشرات من المرسلات العصبية الكيماوية والمعدلات . |
| ٢- المعلومات تنتقل كقبضات من الإلكترونات بحلول الموصلات وعبر أشباه الموصلات . | ● المعلومات يتم إرسالها كنبضات بإزالة الاستقطاب بطول الأغشية وكمرسلات |
| ٣- سرعة إرسال النبضات هى بالتقريب ١٠ ١٠ سم / ثانية . | ● نسبية عبر نقط المشابك * بسرعة إرسال النبضات هى تقريبا ١٠$^{٢}$ سم / ثانية . |
| ٤- دورة العمل بسيطة نسبيا ، ولكنها تتزايد تركبا . | ● دورة العمل مركبة أقصى التركب بما يصل إلى ١٠ $^{١٥}$من التوصيلات . |
| ٥- بنية بلورية أقصى الثبات . | ● نسيج بيولوجى قابل للتلف . |
| ٦- يمكنه العمل تحت ظروف شتى تختلف أوسع الاختلاف . | ● يحتاج إلى بيئة منظمة بعناية حتى يعمل . |
| ٧- نظام الكمبيوتر يمكن إيقاف تشغيله إلى مالانهاية دون أى تلف . | ● يتطلب المخ مدخلات مستمرة من أجل الحفاظ على النظام الحى . |
| ٨- لا يوجد إصلاح ذاتى ، وهناك بعض تصحيح ذاتى وعمل تحويلات لتجنب المناطق المغلوطة . | ● نسيج له قدرة على الإصلاح الذاتى بدرجة لها أهميتها . وله كذلك قدرة واسعة على نقل الوظيفة إلى الدوائر الأخرى . |
| ٩- الذاكرة مؤسسة على أنماط من مفاتيح التحويل الثنائية . | ● الذاكرة مؤسسة على أنماط من الوصلات العصبية . |

(مأخوذ عن ستونير ١٩٨٤ ، ص ١٨٢) .

ومن الواضح أن المخ البشرى له دورة عمل على درجة عالية من التركب والفعالية ، كما أن لديه مخزون ذاكرة أكبر كثيرا ، ويتأسس على شبكة من ١٠٠ ألف مليون عصبون ، كل واحد منها موصل إلى ما قد يصل إلى ألف عصبون آخر . وفى بعض

* النقط التى تتشابك عندها العصبونات . (المترجم) .

الحالات ، كما مثلا فى حالة خلايا بيركنجى بقشرة المخيخ ، تتلقى كل خلية مدخلات من عدد يبلغ ٢٠٠٠٠٠ ليفة من الألياف الموازية (دياموند ١٩٩٠) . وبالإضافة ، فإن كل عصبون هو فى حد ذاته جهاز معلومات معقد - أكثر تعقداً بكثير عن الترانزستور أو حتى عن الترانزبيوتر .ولو اننا تصورنا كمبيوتر «ماكينة ربط» يتألف من ١٠[١١] من الترانزبيوترات ، فإن هذا قد يقربنا من إدراك قدرة المخ البشرى . وبالإضافة إلى كل هذا السلطان من التشابك البيولوجى يبقى هناك الإمكان بأن تكون الجزيئات المفردة مثل البروتينات أو الأحماض النووية لها هى أيضا القدرة على اختزان المعلومات . ومن المعروف أنه فى الأجهزة المناعية ، تحتفظ الجزئيات المفردة بالمعلومات على سطح خلايا معينة من خلايا الأجسام المضادة . والمخ البشرى يتكون أيضا من نسيج له قدرة جوهرية على الإصلاح الذاتى ، أو أن بديل ذلك أن له القدرة على القيام بنشاط تعويضى يقلل لأدنى حد من تلف الجهاز .

ومن الناحية الأخرى ، فإن الكمبيوترله لها ميزات فى ثلاثة مجالات على الأقل هى: سرعة إرسال النبضات ، والطبيعة المتينة المستقرة لمادته ، وأنه بخلاف الجهاز الحى لديه القدرة على أن يوقف تشغيله إلى ما لانهاية بدون تلف . وبالإضافة ، فإن سهولة ربط الكمبيوترات معا - أى اتصالها الواحد بالآخر على نحو لايمكن أن يجرى حاليا بالنسبة للامخاخ البشرية - تؤدى إلى خلق «ذكاء جماعى» كمبيوترى . وبعض الكمبيوترات حاليا تصل قدرتها على التخزين على الخط * بالجملة إلى مدى الجيجا بايتة ** وهذا المدى قابل للتوسيع . ولنتصور أن كل بيت أسرة فيه تليفون ، يكون لديه كمبيوتر قوى مربوط بشبكة كوكبية .

والكمبيوترات الكلاسيكية تختلف اختلافا عميقا عن المخ البشرى فى ناحيتين اخريين على الأقل :

١- الفصل بين وظيفتى المعالجة والذاكرة .
٢- الاعتماد الكلى على المنطق .

على أنه كما سبق أن ناقشنا ، فإن المنطق شكل من التفكير لم يظهر إلا فى وقت متأخر جدا من تطور الذكاء . وهو أيضا يظهر متأخرا أثناء تنامى عمليات التفكير فى الطفل . وأغلب ذكاء الحيوانات الراقية هو والذكاء البشرى يعتمد على الترابط البسيط. والخريطة الذهنية الموجودة لدينا عن العالم تتألف من الربط بين الأشياء والأحاسيس والأحداث ، ... الخ فى نمط من الذاكرات . وهذه تؤلف الخريطة التى تتيح لنا أن نفهم العالم الذى نعيش فيه . وفهم الطريقة التى يتم بها خلق هذه الخريطة العصبية يتطلب فى المقام الأول أن نفهم النظريات السائدة حاليا عن تنامى المخ وعن وظيفته .

---

* المخزن على الخط جهاز تخزين تحت التحكم الباهر لوحدة معالجة مركزية . (المترجم) .

** Byte وحدة قياس من ٨بتات Bit ، والبايتة تحمل ما يساوى حرف أو علامة أو نقطة عشرية ،وتصنف معدات الكمبيوتر حسب عدد البايتات . (المترجم) .

## نظرية إدلمان عن "الداروينية العصبية"

تشمل نظرية إيدلمان المجموعة التالية من الأفكار والمفاهيم (كما عرضها روزنفيلد ١٩٨٨) :

١- أثناء تنامي الجنين يتم إرساء شبكة عصبية مركبة أقصى التركب . وهذا يشكل التشريح الأولى للمخ .

٢- التعلم يستلزم أن تتركب على هذه الشبكة الأولية أنماط من التوصيلات . وهذه الأنماط لا تتخلق بخلق توصيلات جديدة أو المزيد من التوصيلات ، وإنما يتم ذلك بتقوية مسالك موجودة من قبل .

٣- تتنافس المسالك فيما بينها . ويتم تغذية أنماط من التوصيلات بواسطة عوامل الاستثارة ، فتصبح أقوى على حساب التوصيلات الاضعف ، التى تضمحل فتتم الهيمنة عليها . ولنلاحظ أن «التوصيلات» الأضعف هى التى تختفى وليس العصبونات نفسها .

هيا الآن نبحث أمر هذه الافتراضات ونتوسع فيها :

١- أثناء تكوين الجنين يتم إرساء شبكة عصبونية فى المخ على درجة من التركب بما لا يصدق . وتحدد جزيئات الالتصاق الخلوية محدد أىّ الخلايا هى التى تلتصق بالخلايا الأخرى ، وبالتالى فإنه تتخلق هكذا مناطق ذات موضع يتحدد فى المخ - وهذه هى البنيات الفرعية الأساسية للمخ . وهذه البنيات الفرعية تتضمن كل المراكز التى تحلل وتشفر للمدخلات الحسية والمخرجات الحركية . ويتم إرساء مالا حصر له من التوصيلات داخل هذه البنيات الفرعية للمخ وفيما بينها ... ويكون هذا هو المعمار الأول عند الميلاد .

ولنلاحظ أن توليفة العوامل الوراثية وغير الوراثية التى تحدد هذه التوصيلات (التى تسمى المشابك) هى توليفة جد مركبة ، بحيث انه رغم أن البنية الكبيرة تكون تقريبا متماثلة من فرد إلى التالى (داخل أى نوع معين) ، إلا أن البنية الدقيقة تتنوع تنوعا لا نهائيا ولا يمكن التنبؤ بها . والتوائم الوراثية لا تكون بنية مخها متطابقة عند ميلادها .

٢- التعليم يستلزم أن تتركب انماط على هذه الشبكات العصبية . وهذه الأنماط لا يتم تخليقها بأن تخلق توصيلات (مشابك) جديدة أو بأن يخلق مزيداً من التوصيلات ، وإنما يتم ذلك بتقوية المسالك الموجودة من قبل .

وهذه الفكرة - من أنه تحدث تغيرات فى قوة إرسال المشابك نتيجة استخدام مسالك عصبية معينة حاسمة الأهمية ، ومن أن هذه التغيرات هى السبب وراء عملية التعلم وأنها تمثل أساس الذاكرة - هى فكرة ظلت تتردد محومة لما يزيد عن ٧٥ سنة (كما يعرض نيكول وزملاؤه ١٩٨٩) . على أن أول دعم لهذا الفرض لم يحدث إلا فى

١٩٧٣ ، عندما وجد بليس ولومو أن التنشيط الموجز المتكرر لمسالك عصبية معينة فى حُصيْن * الأرانب تسبب زيادة فى قوة مرسلات المشابك يمكنها أن تظل باقية لأيام أو حتى لأسابيع . ولما كان الحصين هو ذلك الجزء من المخ الذى يعتقد أنه مهم لتخزين المعلومات فإن مشاهدات بليس ولومو لها فيما يبدو أهمية خاصة . وزيادة قوة الإرسال المشبكى هذه التى تظل باقية لزمن طويل تسمى «التقوية على المدى الطويل» . والتقوية على المدى الطويل تقدم اكثر التفسيرات احتمالا بالنسبة للميكانزم الخلوى الذى يكمن وراء ظاهرة الذاكرة و التعلم .

ويبدو أن العمليات الفيزيولوجية الفعلية المرتبطة بالتقوية على المدى الطويل هى – كما يمكن توقعه – عمليات فيها حذق وتركب . ومازال علماء الفيزيولوجيا العصبية مشغولين بكشف الستار عن تفاصيلها : فهذا الميكانزم يستلزم فى جزء منه إطلاق حامض الجلوتاميت الأمينى كالمرسل المستثير عبر المشبك . وينشط هذا مستقبلات كيمائية معينة . ويسمى أحد هذه المستقبلات مستقبل NMDA وهو يسبب تدفق أيونات الكالسيوم داخل أجزاء معينة من الخلية العصبية (الشوكة الغصينية) ويبدو أن هذه الزيادة فى تركيز أيونات الكالسيوم أمر حاسم فى عملية التقوية على المدى الطويل . ومازال سبب ذلك أمرا غير واضح بعد ، على أن من المحتمل أن وجود مستويات عالية من تركيز الكالسيوم يسبب تنشيط بروتينات معينة .

وقد كتب تشى أوكى وفيليب سيكفيتز (١٩٨٨) عرضا لأهمية بروتين «MAP2» فى العمل كوسيط لتشكيل مسالك عصبية جديدة . MAP2 هى الحروف الأولى من كلمات المصطلح الإنجليزى «بروتين ٢ المصاحب للنبيبات ** الدقيقة» وهو بروتين فوسفورى كبير الحجم جدا ويصاحب على وجه الخصوص الهيكل الخلوى للعصبونات . وقد تم الكشف عنه فى كل نوع من العصبون فُحص حتى الآن . وقد وجد الباحثون فى العصبونات المتحللة عند المرضى المصابين بمرض الزهيمر *** أن بروتين MAP2 هو وغيره من بروتينات الهيكل الخلوية يظهرون تشابكا غير سوى .

وبروتين MAP2 كأحد بروتينات الهياكل الخلوية للعصبونات ، يساعد على تحديد شكلها . ويتركز هذا البروتين فى الغصينات ، وثمة دليل قوى يطرح أنه مسئول عن شكل وتفرعات الغصينات . والغصينات تشبه فروع الشجرة . وتتداخل تفرعات الغصينين اللذين من خليتين عصبيتين مختلفتين دون أن تلمس التفرعات بالفعل أحدها الآخر ، وهذا هو ما يسمى «المشبك» .

---

* رسم مقوس مرتفع على قاع تجويف البطين الوحشى بالمخ ، والاسم مأخوذ أصلا عن اسم نوع من السمك الصغير رأسه وعنقه يشبهان رأس وعنق الحصان . (المترجم) .

** تصغير أنبوبة .

*** مرض يصيب المسنين ، ويؤدى إلى فقدان كامل للذاكرة ولا يعرف له علاج بعد . (المترجم) .

ويتم تنظيم سلوك بروتين MAP2 عن طريق فسفرة البروتين وإزالة الفسفرة عنه (أى اضافة وازالة مجموعة الفوسفات) . وهذا فيما يحتمل هو السبب فى أن تدفق أيونات الكالسيوم أمر جد مهم . ويحكم النشاط العصبى هذه العملية عن طريق مستقبلات الجلوتاميت و NMDA . وفيما يبدو فإن بروتين MAP2 هو الأول من بين صنف من الجزيئات المسئولة عن العمل كوسيط لتقوية التوصيلات العصبونية بطول أحد المسالك النشطة .

وبالتالى ، فإن تذكُّر شئ مثل « القاطرة » ( لا ) يكون كصورة بصرية مختزنة فى مكان ما من المخ ، وكأنها صورة فوتوغرافية أو شريحة تصوير . بل وهى حتى ليست نسخة مشفرة من هذه الصورة البصرية بالطريقة التى يمكن بها اختزان هذه الصورة على قرص ضوئى ، أو كأنماط من مفاتيح تحويل للتشغيل / إيقاف التشغيل التى يتم استرجاعها بواسطة كمبيوتر يبحث عن التوجه الصحيح . والأحرى هو أن المخ يتذكر «القاطرة» كأنماط وقتية سريعة الزوال من ترابطات وخبرات قد تمت معالجتها وتكاملها مع الأنماط الأخرى التى لها علاقة بها ، وذلك عبر المخ كله .

وعندما يرى أحد الأفراد «القاطرة» لأول مرة – سواء كان طفلا أم راشدا فإن سلسلة كاملة من عوامل الاستثاره تُطرح على المخ . فالمخ «يخبر» «القاطرة» . أولا ، هناك شكلها . وثانيا هناك لونها . وهذان الملمحان كافيان وحدهما لأن يطرحأ نمطا فريدا على أنه أحد الأشياء . إلا أن القاطرة تتحرك بعد ذلك ، فتخلق أنماطا بالمخ تختص على نحو فريد بالأشياء التى تتحرك . وبالإضافة فإن القاطرة تحدث نفثات من الدخان وسحبا من البخار . ثم هناك تلك الضجة المفزعة ! وهذا ينشط الجهاز الحافّى. والأنماط التى نخبرها ونحن فى خوف ( أو فى غضب أو فى حالة حب تزيد قوتها زيادة عظيمة ، وبالتالى فإنها تنطبع فى ذاكرتنا انطباعا أقوى .

وإذا كان النمط شديدا بالدرجة الكافية ، فإنه قد يظل باقيا (أى يظل متذكّرا) طيلة الحياة . على أن نمطا كهذا سيحتاج إلى أن يتدعم لأن كل الأنماط «المتعلّمة» تضمحل بالزمان (على خلاف الأنماط الوراثية) .

ومخ الراشد (أو الطفل الكبير) يحوى من قبل أنماطا تجريدية تتميز تماما عن الأنماط الاختبارية المباشرة التى من نوع رؤية إحدى القاطرات . فنجد مثلا أنه يوجد نمط من التجريدات التى تغطى صنف «أجهزة النقل» . ويشمل هذا كل الأشياء التى تتحرك بنفسها ، والتى يمكنها بالإضافة إلى ذلك أن تحمل أو تنقل أشياء أخرى . وسيشمل أحد الصنوف الأخرى من التجريدات «المواد» التى تجعل المدخلات البصرية تبحث عن أنماط مثل الأشياء البراقة اللامعة التى تتميز بها معادن معينة . وقد تسبب خواص أخرى أن يستدل المخ على أن القاطرة مصنوعة من الحديد . وهناك صنف

ثالث من التجريدات يتألف من كوكبة هائلة من الأنماط التى تغطى صنف «الكلمات» ، وكذلك صنفها الفرعى «الأسماء» ، أى الكلمات التى تشير إلى شخص ما أو مكان ما أو شىء ما . والمخ عندما يبحث عن نمط كلمات ليغطى الخبرة الجديدة (أى القاطرة) فإنه قد يصل إلى توليفة كلامية جديدة تتأسس على أنماط سبق تخزينها – مثل «الحصان الحديدى» كما فعل هنود أمريكا الشمالية ، أو فيما يتعلق بنفس الأمر كما فعل الفرنسيون (السكة الحديد) .

والتمييز بين الحصان والقاطرة أمر سهل ، خاصة عندما يتضمن ذلك خبرات حسية أخرى : فالحصان تختلف رائحته عن القاطرة ، كما يختلف الإحساس به باللمس : وعندما يوضع الفم عليه – كما يفعل الوليد والطفل الصغير لاستكشاف عالمه – فإن هذا سيخلق أنماطا فريدة أخرى ؛ فالحصان مظهره مختلف ، وحركته مختلفة ، الخ . ورغم هذا فإن فكرة تخليق كلمة من صنف جديد «الحصان الحديد» لتوصيف شىء مثل «القاطرة» لم يسبق أن خبرناه ، لهى عملية أساسية يبدو – بالحكم من بحث بريماكس – أننا نتشارك فيها مع أقرب أبناء عمومتنا من الرئيسيات ، أى الشمبانزى.

ودرجة قوة التوصيلات العصبية التى تصنع أى نمط بعينه هى دالة لعمليتين اثنتين على الأقل . الأولى منهما تستلزم التكرار : فعندما يتكرر تنشيط نفس المجموعات من الشبكات تصبح هذه المجموعات أوتوماتيكيا أكثر كفاءة وتزيد قوة التوصيلات . أما الثانية فتشمل تلك الخبرات جد المهمة للكائن الحى بحيث انها واقعيا تصبح مطبوعة للأبد كاستجابة لحدث واحد (أو أنها على الأقل تظل مطبوعة حتى يحدث أن يتوقف المخ عن وظيفته كنتيجة لإحدى الإصابات أو كنتيجة للموت) . وهذه الخبرات تشمل كل الخبرات المصحوبة بالخطر العظيم أو بالمتعة العظيمة . والأحداث التى تؤدى إلى الموقف ، والمشهد ، والبيئة المحيطة كلها تصنع جزءا عظيما من نسيج خبرة كهذه وتبقى مما يُتذكر . وقد ثبت ثبوتا راسخا أن زيادة مساهمة الجهاز الحافّى وقت أحد الأحداث – الأمر الذى يفترض أنه يتم التوسط له بتغيرات فى الأحوال الهرمونية – هى أمر يسبب أن يكون تذكر الحدث على نحو أفضل (روزنفليد ١٩٨٨ ، ص١٦٥) . والوضع المتجاور للأشياء ، مع البيئة المحيطة ، ومع الأحداث التى تؤدى مثلاً إلى مجابهة خطرة تولد الخوف ، هذا الوضع لا يؤدى فحسب إلى خلق الأنماط فى المخ ، وإنما يحدث أيضا أن هذه الأنماط يتم تذكرها بواسطة الفرد كأنماط من الترابط . وتؤلف هذه الأنماط شكلا من الحكمة : فهى تتيح للفرد أن «يتشمم المخاطر القادمة» .

والكتلة الغالبة من الذكاء البشرى لا يتم استقاؤها من قدرة المخ البشرى على استنباط الاستنتاجات بتطبيق المنطق ، وإنما الاحرى أنها تستقى من قدرته على الوصول إلى استدلالات عن طريق إدراك أنماط الترابط . ويلخص لنا هذا الطريق

المسدود الذى دخل فيه الذكاء الاصطناعى الكلاسيكى : فقد كان التأكيد الأساسى فيه هو على محاكاة الفكر البشرى بالعمل على الكمبيوترات الكلاسيكية من نوع فون نيومان ، أى على الآلات المنطقية المؤسسة على الثنائية . وعلى النقيض من ذلك فإن المخ البشرى هو جهاز قياس بالتماثل له دورة عمل معقدة بما لا يصدق و مضبوطة على التقاط أنماط من الترابط .

٣- أنماط التوصيلات إن لم تتم تقويتها دوريا فإنها تضمحل . والتقوية يمكن أن تتأتى من عوامل استثارة خارجية أو داخلية - كمجرد التفكير فى شىء أو تذكره أو محاولة تذكر شىء ما . ولعل النوم عامل مهم فى المساعدة على اضمحلال التوصيلات التافهة الشأن . وأن تتذكر مكان موقف سيارتك بالأمس ، أو ما أكلته فى الإفطار فى الأسبوع الماضى ، أمور لا يحتمل أنها تؤدى إلى أى اختلاف مهم فى مستقبلك (إلا إذا كنت قد تسممت من إفطارك ، أو تكون قد وجدت مكانا سريا جديدا كموقف لسيارتك ينفعك كبديل جيد فى المستقبل) .

ويقدم إيدلمان لنا مفهوم المنافسة العصبية ؛ فبعض أنماط التوصيل تتغذى على عامل الاستثارة وتصبح أقوى على حساب الأنماط الأخرى . والأنماط الأضعف التى تضمحل تصبح تحت الهيمنة . ولنبق فى أذهاننا أن أى عصب بعينه أو مجموعة أعصاب بعينها قد تساهم فى أى نمط من آلاف الأنماط ، تماما مثلما قد يساهم حرف أو كلمة فى أى جملة من آلاف الجمل .

أما ما يختفى فهو «التوصيلات» الأضعف ، وليس العصبونات نفسها .

وهذا «البقاء للأصلح من الشبكات» ، أى الشبكات التى ينتخبها نشاط المخ هو ما يشير إليه إيدلمان على أنه «الداروينية العصبية» .

ولو ثبتت صحة هذه التفسيرات لطريقة عمل المخ فإن المرء ليصاب بالذهول من بساطة هذا الجهاز البديع - قدرته على التكيف وكفاءته فى تعلم التعرف على أنماط الترابط المركبة - وليس هذا فحسب ، بل إن المرء ليدرك أيضا مدى ضعف ذلك الجهاز .

فأولا : نجد أن الشبكة العصبية التى تولد الذكريات بتقوية أنماط من التوصيلات التى تتأسس على مجموعات من مدخلات الإحساس الخارجية بالإضافة إلى ما يرتبط من التفسيرات الداخلية ، هذ الشبكة يكون لها ميل شديد للخرافات . ولننظر أمر حالة افتراضية . هب أنك تقود عربة فى مدق ريفى ممتع يمر عبر فناء مزرعة . والجو فى ذلك اليوم غائم نوعا . ويمكنك أن تسمع على مبعدة إلى يسارك دمدمة خفيفة للرعد ، وثمة ديك يصيح على مقربة ، وجرار تسمع فرقعته من مكان ما فى فناء المزرعة . والريح تثير حفيفا بين الأشجار ، وثمة خراف بيضاء تراها فى مرجها ، ودجاجات بنية اللون فى فناء المزرعة ، وقطة سوداء تعبر الطريق أماما . وتستنشق الرائحة النفاذة

لفناء المزرعة ، ويملؤك الإعجاب بسياج شجيرات الزعرور البرى الكثيف . وتنعطف حول منحنى ثم - ها أنت تصطدم بالجرار الذى دخل فى التو من طريق جانبى . ولحسن الحظ أنك كنت تقود العربة ببطء ، فلم يصب أحد بأذى . ولكنك قد هزك ما حدث . ويزيد مستوى الأدرينالين * لديك ، ويظل قلبك يدق بشدة .

عندما تستعيد الحدث فيما بعد ستذهلك الطريقة التى يفكر بها ذهنك المرة تلو الأخرى بالنسبة لانطباعاتك عن ذلك المشهد الذى سبق الاصطدام مباشرة . وهذا أمر تقصد الطبيعة أن يكون هكذا . فالضغط الفيزيولوجى المصاحب للحادث يجعل من المؤكد أن تزيد أهمية التوصيلات القليلة الوزن - أى تلك المدخلات الحسية «العادية» التى توصّف المشهد أعلاه - لتصبح أثقل وزنا . وفى مكان ما داخل كل تلك المدخلات الحسية «العادية» تكمن مختفية إشارات بيئية عن كارثة وشيكة - والشبكة العصبية لا تميز بين التفاصيل . ولو كان سيحدث فى المستقبل القريب أنك ستنعطف فى منحنى مماثل ، فإن المزرعة ، أو صياح الديك ، أو أيا من ذلك سوف يقدح الزناد لحالة من التنبه . وإذا صاح ديك مرة أخرى فى التو قبل أن تنالك حادثة أخرى ، فإن الشبكة العصبية سوف تزيد من قوة الترابط بين صياح الديكة والحوادث .

والشبكات العصبية يمكن لها بالطبع أن تتقوى كنتيجة لعمليات أخرى . والرعد عند قدماء الإغريق إذا أتى من اليسار فإن هذا يعنى أنه تحذير من الآلهة . وثقافتنا الغربية نحن أنفسنا فيها إيمان بأن المرور عبر طريق قطة سوداء يجلب الحظ السئ . ونحن عندما نحلل الحادث بعد وقوعه ، فإننا حسب خلفيتنا الثقافية قد نقرر لأسباب مختلفة ، أن أهم إشارة مفتاح بيئية للكارثه الوشيكة - الإشارة التى يجب أن نترقبها المرة القادمة فى الظروف المماثلة - هى الرعد ، أو هى القطة السوداء ، أو صوت قرقعة الجرار . وعندما يتكرر هذا التفكير فى الحادث المرة تلو الأخرى ، فإنه يؤدى إلى المزيد من تقوية التوصيلات العصبية المعلقة بالأمر . وبالتالى ، فإن الترابطات الأصلية تخضع لعملية من الداروينية العصبية . فهذه المدخلات لما قبل الحادث التى تبدو لك ذات علاقة كبيرة بالامر تزيد مرتبتها أهمية - وإذا كنت واحدا من نوع معين من الناس فسوف تركز على قرقعة محرك الجرار ، ولو كنت من نوع آخر ستركز على قرقعة محرك الجرار ، كما أنك لو كنت من نوع غير ذلك ستركز على القطة السوداء التى تعبر الطريق . وما يترتب هكذا من إعلاء لمرتبة ترابطات معينة سيكون على حساب الترابطات الأخرى . وبالتالى ، فإنه بالنسبة لمدخلات ما قبل الحادث التى بدت لك على غير علاقة بالموضوع ، سيحدث خفض لمرتبتها ، فتضمحل مسالكها العصبية بمعدل أسرع .

---

* هرمون يفرزه نخاع الغدة فوق الكلوية فى أوقات الشدة والانفعال . (المترجم) .

وعندما يخبر بعض الأفراد رضحًا *سواء من جرح (جسدى أو نفسى) يصيبهم هم أنفسهم أو يصيب صديقا أو حبيبا – الأمر الذى ربما يؤدى إلى موت هذا الفرد – فإن هؤلاء الأفراد ينزعون إلى معاودة التفكير فى الأحداث التى أدت إلى الرضح مرة بعد الأخرى . وهذا رد فعل تكيفى – أى معالجة للمعلومات بمعاودة التفكير فى دوائر المرة بعد الأخرى ، لاستخلاص مفاتيح حيوية من النمط ، مفاتيح ربما يكون فيها ما يتيح فى المكان الأول تفادى الرضح . على أن عملية كهذه قد تؤدى إلى حالة مرضية بأن توضع إحدى الشبكات العصبية فى دورة رنينية ذات استثارة ذاتية – بمعنى أن التفكير يدور فى حلقة مفرغة . والنوم يعد أحد الترياقات لعلاج هذه الظاهرة . ومن الناحية الأخرى ، إذا أصبحت العملية على درجة من الشدة الكافية لتكوين حالة نفسية مرضية ، فإن كسر هذه الحلقة قد يتطلب إجراءات أكثر شدة مثل العلاج بالعقاقير أو حتى العلاج بالصدمة الكهربائية التشنجية . على أنه ينبغى إدراك أن معاودة التفكير فى موقف معين على نحو متكرر تعد شكلا طبيعيا من معالجة المعلومات بالنسبة للشبكة العصبية التى تحلل أنماط التوصيلات .

ومما له علاقة بهذا الأمر ظاهرة غياب الذهن ، والنزوع إلى «الزلّات الفرويدية» ** وفى كلا المثلين نجد أن رد الفعل الأحداث الأكثر ملاءمة والذى يكون مطلوبا تو اللحظة يكون مهيمَنا عليه بعادات ذهنية متأصلة تأصلا أكثر عمقًا (دياموند ١٩٩٠) .

وأخيًرا فإن من أوجه الضعف الواضحة للشبكات العصبية أنـها مشوشة وغير دقيقة . فالمدخلات كلها تترشح من خلال عقد ومسارات عديدة ، يحتمل أنها كلها قد سبق استخدامها لبعض غرض آخر ، أو الأسوأ من ذلك أن تكون قد استخدمت لأهداف مماثلة قد تسبب بالكامل سوء تفسير للمدخلات الجديدة . ولنا أن نتذكر هنا حكاية قديمة عن يوليوس قيصر عندما قرر أن يصفح عن جندى حكم عليه بالإعدام فأصدر أمرا جاء فيه : «التنفيذ لا ، نعفو عنه» ولسوء الحظ حُرِّف ذلك عند نقله إلى : «التنفيذ ، لا نعفو عنه» بأن نقلت الفاصلة . ولابد وأن موقفا مماثلا يحدث المرة تلو الأخرى داخل مخنا ، وإن كان هنا أقل خطورة .

---

* إصابة تؤدى الى رض أو جرح . (المترجم) .

** زلات سلوك أو لسان يرجعها فرويد لامور مكبوته فى العقل الباطن . (المترجم) .

## الثورة اللامنطقية

نظرنا فى الأقسام السابقة فى الاختلافات العميقة بين الكمبيوترات الكلاسيكية والأمخاخ البشرية . وثمة عالم اسمه جوردون سكاروت ، كان المدير السابق لشركة الكمبيوتر الدولية المحدودة للأبحاث والتطوير المتقدم ، وقد كتب عن هذا الأمر ما يلى (اتصال شخصى ١٩٨٨) : «المخ فى الكائنات الحية يتم تطويره لينفذ عملية اصدار الحكم بأن يأخذ فى الحسبان ملاحظات متزامنة من أعضاء عديدة كأن تكون مثلا من البصر والشم والسمع ، ويضع ذلك إزاء خلفية من الخبرة حتى يصل إلى إدراك الموقف إدراكا ملائما لتوجيه الفعل . ويمكن أن نطلق على هذه العملية أنها (الحكم البدائى) حيث إنها عملية مشتركة بين الكثير من الأنواع . والجنس البشرى يستخدم أيضا الحكم البدائى على نطاق كبير فى الحياة اليومية ، أما تكنيك المحاجة المنطقية التى تتأسس على مفهوم اليقين التجريدى ، فقد تمت إضافته فى زمن حديث نسبيا إلى مهارات الحكم البشرية ، وذلك كنتاج جانبى لتطور اللغة الطبيعية» .

«والكمبيوترات هى أساسا آلات محاجة منطقية ، وهى ذات قيمة عظيمة فى المساعدة على / أو فى مباشرة أى حكم يمكن التوصل إليه فى محاجة منطقية ، ولكن حيث إن الحكم البدائى يسبق المحاجة المنطقية فى تطور المهارات البشرية للتعامل مع المعلومات ، فإن ما ينتشر من اعتقاد بأن كل حكم هو ولابد مما يقبل التوصيف بلغة من المنطق إنما هو اعتقاد واهى الأساس» .

ويواصل سكاروت القول ليوضح أن : «الكمبيوترات قد تصورها أصلا علماء الرياضة» ، و«الرياضة هى أساسا محاجة منطقية يحدث فيها عن وعى استبعاد الحكم البدائى» . وينتهى سكاروت بالدعوى بأنه «رغم أن مجال إمكانات التطبيق عند الكمبيوترات هو كما أدرك الرواد مجال واسع ، إلا أنه ليس بالمجال الشامل ، وثمة حاجة لاستكشاف أشكال جديدة من نظم المعلومات لا تتأسس على المحاجة المنطقية المحددة» .

ولم يحدث إلا منذ سنوات قريبة أن ظهر شىء فيه ما يشبه أن يبدأ بزوغ ثورة أصيلة فى معمار الكمبيوتر . وعلى أى حال ، فإن هذه الثورة قد بدأت . ففى اتفاق مع حجج سكاروت تم إنشاء نظم جديدة لمعالجة المعلومات لا تتأسس على المحاجة المنطقية المحددة . وإذن ، فإن هذا يشكل «الثورة اللامنطقية» أى نقلة فى تطور ذكاء الآلة .

## آلة هيليز للربط

أحد هذه الاتجاهات الجديدة فى معمار الكمبيوتر هو «آلة الربط» التى طورها دان هيليز (١٩٨٥) . وكمبيوتر آلة الربط يختلف عن الكمبيوترات الكلاسيكية بالأسلوب التالى : بدلا من وجود معلاج قوى واحد متصل بذاكرة كبيرة ولكنها منفصلة ، فان الوظيفتين قد تم ضمهما معا عن طريق تخليق شبكة كبيرة من معلاجات كثيرة صغيرة . والآلة على هذا المنوال قد بدأت تشبه المخ البشرى - وان كان المماثل الأفضل لها هو الذكاء الجماعى لمستعمرة النمل . وكما ناقشنا فى الفصل الرابع فإن مخ النملة يحوى فحسب مائة الف ($10^5$) من العصبونات (وذلك على نقيض المخ البشرى الذى يحوى $10^{11}$ من العصبونات) . وبالمثل فإن كمبيوتر هيليز للربط قد صنع من نسق كبير من المعلاجات المفردة البسيطة . ويحسب هيليز (ص٥٢ - ٥٣) أن كل معلاج يحتاج فيما يحتمل إلى سعة من ٣٠٠ بتة * فقط حتى يعمل كوحدة فرعية فعالة ، والطريقة لخلق ذاكرة كلية كبيرة لا تكون بواسطة زيادة ذاكرة الوحدة الفرعية المفردة ، وإنما بواسطة زيادة «عدد» الوحدات الفرعية .

ومن وجهة النظر البيولوجية ، فإن هذا يذكرنا بتحليل فرانك لتطور الحشرات الاجتماعية الذى نوقش فى الفصل الرابع : ابتداء بوحدات فرعية للمعالجة هى وإن كانت ذات إطار جامد إلا أنها من مرتبة راقية ومثال ذلك الزنابير المنفردة ، ووصولا إلى مجتمعات ذات أعداد كبيرة من أفراد أكثر بساطة مربوطة معا بأنماط للاتصال تتزايد رقيا .

## الات الاوتوماتا الخلوية

فى الجزء الأول من هذه السلسلة «المعلومات والبنية الداخلية للكون» يوجد توصيف موجز لمباراة كمبيوتر تسمى «الحياة» (ص١٢٤ - ١٢٥) . وقد ابتدع هذه المباراة فى السبعينيات جون هورتون كونواى بجامعة كمبردج ، حيث تجرى بنوع من مشكال ** الفيديو . وتقسم الشاشة إلى نسق من المربعات حيث كل مربع يمثل خلية . (يمكن

---

* Bit أصغر وحدة معلومات يتعامل معها الكمبيوتر وهى الرقم الثنائى ، والكلمة مأخوذة من دمج كلمتى **Binary Digit** (المترجم) .

** المشكال أو الكاليد وسكوب : أداة تحوى قطعا متحركة قصعا متحركة من الزجاج الملون تعطى بتغيير أوضاعها مالا نهاية له من الأشكال الهندسية الملونة . (المترجم) .

أيضا اتخاذ أشكال وصور أخرى) . ومع شكل المربع تكون كل خلية (أو مربع)محاطة بثمانية جيران (أربعة على الجوانب بالاضافة الى أربعة عند الزوايا) . وكل خلية قد تكون موجودة فى حالة من حالتين «تشغيل» أو «إيقاف» . وحالة الخلية من «تشغيل» أو «إيقاف» أمر يتحدد بنمط حالات التشغيل/الإيقاف فى الخلايا المجاورة . واللاعب يحدد القواعد من حيث أى أنماط التشغيل / الإيقاف عند الجيران هى التى تجعل الخلية يتحول حالها . ويتكتك الكمبيوتر بمعدل سرعة يمكن أن يحدده اللاعب - ولنقل إنه عشر ثوانى «بمعنى أنه فى كل عشر ثوانى يغير الكمبيوتر النمط الذى على الشاشة . والنمط الجديد يتحدد «أوتوماتيكيا» حسب القواعد التى يفرضها اللاعب . وإذا كانت القواعد معقدة فإنها تجعل من المستحيل تقريبا التنبؤ بالنتيجة بعد دورات معدودة فحسب ، إلا بالملاحظة الفعلية ووجود خبرة لها قدرها . والقواعد البسيطة هى الأسهل : وكمثل ، عندما تكون القاعدة هى أن تتحول الخلية إلى «التشغيل» عندما تكون جارتها إلى اليسار فى حالة «تشغيل» ، ولكنها تتحول إلى «الإيقاف» إذا كانت جارتها إلى اليمين فى حالة «تشغيل» فإن هذه القاعدة ستجعل نمط الضوء ينزع إلى التحرك إلى اليمين . (إذا كانت الجارة اليمنى هى والجارة اليسرى كلاهما فى حالة «تشغيل» أو كلاهما فى حالة إيقاف ، فإن الخلية لا تغير من حالتها) .

ورغم أن آلة الأوتوماتا الخلوية تتطلب بالفعل كمبيوترات وشاشات كمبيوتر (وبالتالى تتطلب مادة وطاقة) حتى تصبح امر ظاهرا ، إلا أنها أساسا تمثل «أكوان قد صيغت من معلومات خالصة» . وعلى هذا الحال ، فإنها تستطيع أن تحاكى سلسلة واسعة من الظواهر الطبيعية وتحاكى على وجه الخصوص النظم المتطورة . والنظم المتطورة تتميز بتغيرات فى حالاتها التنظيمية - وبالتالى فإنها تتميز بتغيرات فى حالاتها المعلوماتية . ولعل هذا هو السبب فى أن الأوتوماتا الخلوية يمكنها توصيف النظم والظواهر الطبيعية بسهولة أعظم مما يستطيعه أى نهج آخر . وكل مجموعة من القواعد تمثل الخوارزم الذى يحدد سلوك النظام . وكل النظم المحلية تكون محكومة بنفس الخوارزم ولكن كل جزء محدود من النظام يتحدد بظروف محلية هى بدورها تعكس التاريخ الماضى لهذا الجزء المحدود .

وسوف يثبت على المدى الطويل أن الأوتوماتا الخلوية أداة مهمة فى محاولة فهم الذكاء الجماعى . وكمثل ، دعنا ننظر فى الأعمال التى تقوم بها مستعمرة النمل التى ناقشنا أمرها من قبل . فسلوك كل نملة يتحدد حسب تفاعلها مع حشرات النمل الأخرى التى تتصل بها . وتتحدد استجابات النملة حسب القواعد المبرمجة فى ما لديها من حامض دنا ، الأمر الذى يتم بواسطة التاريخ التطورى للنوع ، وحسب ما تتلقاه النملة من إشارات فإنها قد تتبع نملة أخرى ، أو تتقيأ الطعام أو تقوم بهجوم ، أو تشتغل بأى عدد من النشاطات الأخرى . كما أن النملة أيضا ربما تتجاهل فحسب النملة الأخرى إذا لم تصلها أى إشارة لتغير من سلوكها الخاص بها . وهذا المثل

الأخير يكافىء عدم تغيير«حالة» النملة . وكما سبق مناقشته فى الفصل الرابع ، نجد أن النمل الناسج يؤدى فيما يحتمل ما لا يزيد عن خمسين فعل سلوكى متميز - وأغلب هذه الأفعال يتضمن التواصل . وهذا أمر أكثر تعقيدا بكثير عن الفعلين الاثنين (تشغيل / ايقاف) اللذين تظهرهما الأوتوماتا الخلوية السابق وصفها أعلاه - ومع كل فإن المبدأ بأن أى وحدة بعينها موجودة داخل نظام مركب يتحدد حسب حالة جيرانها ، يظل كما هو . ومعمار الكمبيوتر الذى يصمم خصيصا ليتضمن الأوتوماتا الخلوية سوف يساعدنا مساعدة عظيمة فى تحليل النظم المركبة المتطورة التى يبدو فى الظاهر أنها نظم فوضوية .

وميدان الأوتوماتا الخلوية قد تم إدخالة بواسطة ستان أولام وجون فون نيومان ، حوالى ١٩٥٠، وليس من هدف هذا القسم من كتابنا أن يعرض تاريخه ، ويمكن للقارئ أن يرجع إلى توفولى ومارجولوس (١٩٨٧) اللذين وصفا الأوتوماتا الخلوية بأنها «أكوان تنميطية مخلقة اصطناعيا ، كما أن آلة الأوتوماتا الخلوية مخلق اصطناعى للكون» . وبحثهما الرائد على هذه الآلات فيه إدراك بأنها تمثل النموذج الاساسى العام للحوسبه الموازية ، بمثل ما تمثل الة تورنج الحوسبة المتوالية .وفيما يتعلق بالمشاكل التى من النوع السابق وصفه أعلاه فإن آلات الأتوماتا الخلوية تكون أكثر كفاءة إلى حدٍ بالغ عن نظيرتها من آلات تورنج . وكمثل فإنه قد يكون من الضرورى بالنسبة لتطبيقات علمية معينة إجراء ١٠ ^١٣^ دورة . وفى الكمبيوترات الكلاسيكية ، حتى لو خصصنا فحسب ١٠ ^-٦^ من الثانية للدورة على آلة سريعة ، فإن ثلاثين آلة سوف تستغرق سنوات عديدة لتكمل عملية الحوسبة . وعلى النقيض ، فإن آلات الأوتوماتا الخلوية بفضل ما لها من قدرة على الاشتغال بعمليات حوسبة ضخمة بالتوازى ، فإنها تستطيع التعامل مع هذا النوع من المشاكل الحوسبية تعاملا بالغ الكفاءة بحيث يكون حجم ما تنتجه من أداء أكبر بما لا يقل عن عدة أضعاف . وقد بذل توفولى ومارجولوس وقتا وجهدا لهما اعتبارهما فى تصميم وتحسين هذه الأجهزة وتطبيقها على مدى واسع من المشاكل . ومن الواضح أن آلات الأوتوماتا الخلوية تمثل اتجاها رئيسيا آخر فى مستقبل تطور ذكاء الآلة .

## كمبيوترات الشبكة العصبية

تمثل كمبيوترات الشبكة العصبية (شع) الخطوة الطبيعية التالية فى تطور ذكاء الآلة . وفى كمبيوترات شع يصبح من الممكن تغيير قوة الوصلات بين الوحدات التى

تكون الذكاء الجماعى . وهذا التغير قد يكون إيجابيا أو سلبيا ، وبالتالى فإنه يتوصل إلى ذكاء آلة يعادل الداروينية العصبية عند إيدلمان . وهذه هى الناحية المهمة التى تختلف فيها كمبيوترات شع عن آلة الربط التى نوقش أمرها فيما سبق .

ونجد فى كمبيوترات شع ، كما فى الشبكات العصبية بالمخ البشرى ، أن الوصلات تزداد قوة بالاستخدام . وبالإضافة فإن تشغيل إحدى الدوائر يكبح الدوائر المجاورة ، وبالتالى يضعف من وصلاتها . وحتى نفهم كيف يمكن لنظام كهذا أن يوجد داخل أحد الكمبيوترات فإننا نحتاج إلى أن نفهم «*الدوائر القلابة*» الالكترونية .

والدوائر القلابة تسمح للتيار أن يسرى فى قناة واحدة من قناتين اثنتين ، ولكنه عندما يسرى خلال إحداهما يمنع الأخرى من أن تكون كذلك . ومفهوم «الدائرة القلابة» هذا مفهوم مهم أقصى الأهمية وجدير بأن ننظر فى أمره نظرة عميقة . إن الدوائر القلابة البسيطة عندما تقترن بجهاز ذاكرة تعطينا الشكل البدائى لنظام آلة له القدرة على التعلم . وبالتالى فإن باقى هذا القسم سيخصص معظمه لبحث هذا الجانب بتفصيل أكبر .

وطبيعة ودلالات دورة عمل كهذه يمكننا أن نفهمها بصورة أفضل لو أجرينا «تجربة فكرية» نستخدم فيها نظاما مألوفا لنا بأكثر – وهو نظام تدفئة البيوت الذى يتم تنظيمه بأجهزة الثرموستات . هيا ننظر أمر جناحين فى أحد البيوت تتحدد تدفئة كل منهما بصورة مستقلة لأن كل منطقة من منطقتى التدفئة محكومه بثرموستات خاص بها . ويوجد مثل هذا النظام فى الكثير من البيوت الحديثة ليتيح تبريدا أكثر فى غرف النوم أو تدفئة أكثر فى غرف الطعام ، فالثرموستان هنا يعمل كل منهما مستقلا تماما عن الآخر .

هيا نُدخل الآن ملمحا جديدا على النظام : ماذا سيحدث لو أن واحدا من جهازى الثرموستات عند استجابته للحرارة الباردة ، لا يكتفى بأن يشغل التسخين فى الغرفة الخاصة به ، ولكنه مع إغلاقه لمفتاح التحويل ينشط أيضا سخانا كهربائيا صغيرا قد ركب مباشرة أسفل الثرموستات الأخرى الذى فى الغرفة الأخرى . وهذا السخان الكهربائى جد صغير بحيث أنه لا يمكن له تسخين الغرفة ، ولكنه يسخن الثرموستات بالقدر الكافى لئلاّ يتحول الثرموستات إلى التشغيل . بمعنى أن الثرموستات الثانى يتم «استغفاله» بأن يحس وكأن غرفته دافئة ، حتى مع انها قد تكون جد باردة . والآن ، هيا نقلب الوضع . فى حالة اشتغال الثرموستات الثانى ، فإنه ينشط ايضا سخانا صغيرا رُكّب مجاورا للثرموستات الأول . وهذا يعنى أن الثرموستات الذى يشتغل أولا يمنع الآخر من الاشتعال . ودعنا نشير إليهما كثرموستات غرفة النوم ورمزه «ن» وثرموستات غرفة الطعام ورمزه «ط» .

عندما نشعل «ط» أولا يتم ايقاف «ن» ؛ لأنه حتى لو كانت الحرارة باردة فى غرفة النوم ، إلا أن سخان الثرموستات يمنع «ن» من الانغلاق .

هاك الآن كيف يمكن أن يتغير الوضع : تسخن غرفة الطعام بالدرجة الكافية لإغلاق ط . وهذا يعنى أن السخان الكهربائى الذى يجاور «ن» ينغلق ، وبعد أن يبرد فإن غرفة النوم الباردة تنشط الآن «ن» . وما إن يتم تشغيل ن حتى يمنع تشغيل «ط» لأن «ن» ينشط أيضا السخان الكهربائى الذى يجاور «ط» .

وثمة احتمال آخر : «ط» يتم تشغيله أولا ، وبالتالى فإنه يمنع تشغيل «ن» كما من قبل ، على أن الحرارة فى غرفة النوم تصبح جد باردة بحيث إن السخان الكهربائى الصغير لا يمكنه الحفاظ على تدفئة الثرموستات «ن» تدفئة كافية . ويندفع «ن» للعمل ويأخذ الآن فى إيقاف «ط» ، وبذا يتغير التوزان .

يمثل ما ذكرناه أعلاه – نظاما قلابا نموذجيا . على أن النظام على هذا الحال يكون غير قادر على «التعلم» . هب أننا مثلا نفضل أن تكون غرفة الطعام دافئة وغرفة النوم باردة . حتى نجعل النظام يدرك هذا النمط ويتذكره لابد وأن ندخل جهاز ذاكرة ، وهذا يمكن القيام به بإدخال «عداد» بحيث إنه فى كل مرة يقوم فيها الثرموستات بتشغيل النظام فإنه يسجل ذلك كدورة واحدة على العداد . وبكلمات أخرى ، فإنه كلما تم تشغيل الثرموستات سيسجل «نقطة» واحدة . ويمكننا بعدها أن نضم هذا العداد إلى الخلف من الثرموستات بحيث إنه كلما تم تسجيل مائة نقطة يزيد ضبط حرارة الثرموستات بدرجة واحدة . وكمثل ، فلو أن الثرموستات كان أصلا مضبوطا على أن يشغل النظام عند درجة حرارة ٢٠°م فإنه بعد التشغيل لمائة مرة سيكون ضبطه على ٢١°م .

بل وحتى نجعل النظام زكثر استجابة ينبغى أن ندخل ميكانزما ثانيا يطرح نقطة واحدة من الثرموستات الآخر فى كل مرة يكتسب فيها الثرموستات الأول نقطة واحدة . وهذا يعنى أنه لو كان «ط» قد كسب مائة نقطة بما يرفع درجة ضبطه من ٢٠°م إلى ٢١°م ، فإن «ن» سيكون قد فقد ١٠٠ نقطه بما يخفض درجة ضبطه من ٢٠°م إلى ١٩°م (بافتراض أنه قد بدأ أيضا وقد ضبط على ٢٠°م . وهذا يعنى أنه لو انخفضت الحرارة إلى أى درجة قريبة من ٢٠°م ، فإن «ط» يشتغل أولا ويمنع تشغيل «ن» .

من الواضح أننا سنرغب فى وضع حد أعلى لعدد النقط التى يكتسبها الثرموستات ، وإلا فإن درجة ضبطه ستنتهى أمرها لأن تصبح عالية جداً بحيث إنه لن ينغلق أبدا . وفى هذه الظروف إذا كان «ط» هو الثرموستات المفضل . فإن غرفة الطعام سوف تظل تدفئتها مستمرة ، بينما تظل حجرة النوم باردة على الدوام .

وأخيرا ، فإنه ينبغى أن يوجد نظام مهيمن ، بحيث يمكننا تنشيط الثرموستات بالضغط على مفتاح تحويل . على أنه فى كل مرة نغلق فيها مفتاح التحويل بأنفسنا ، سيظل الثرموستات يكتسب نقطة بينما ثرموستات الحجرة يفقد نقطة . ونحن بإدخال ميكانزمات كهذه فى النظام نرسى قاعدة عامة وهى : كلما زاد استخدام أحد أجزاء النظام ، زاد احتمال تنشيطه فى المستقبل .

وبالتالى ، فاننا عندما نضم معا عدة نظم من الذكاء البدائى نكون قد صممنا جهازاً له القدرة على التعلم ، وبهذا فإننا يجب أن نعزو إليه بعض قدر من الذكاء الحقيقى لأنه:

١- يحلل بيئته (بأن يقيس حرارة الغرفة) .

٢- «يستجيب» لذلك (بأن يغلق أو يفتح مفتاح تحويل الثرموستات ، وبالتالى يستدعى الحرارة أو يستبعدها) .

٣- «يكتشف نمطا فى سلوكه هو نفسه» (بأن يعد المرات التى ينغلق فيها مفتاح تحويل الثرموستات فى أى من الغرفتين) .

٤- «يتذكر» هذا النمط (بأن يسجل عدد النقط التى ينالها كل ثرموستات) .

٥- «يدعم النمط الناجح» ؛ بحيث إن إحدى المجموعات من أنماط السلوك (تدفئة غرفة الطعام) تتزايد هيمنتها على المجموعة البديلة (تسخين غرفة النوم) .

٦- هو إذ يفعل ذلك فإنه «يظهر سلوكا بالتعلم» .

كما أن فى استطاعتنا إعادة تدريب هذه النظم بالهيمنة على الثرموستات ن وتنشيطه . وكل مرة نجعل ن فيها ينغلق ، فإنه سيكتسب نقطة بينما يفقد ط نقطة. وإذا كانت كل ١٠٠ نقطة تساوى درجة واحدة ، وتاريخ النظام الماضى هو بحيث إن ط مضبوط على درجة حرارة أعلى بعشر درجات عن ن ، فإن الأمر سيتطلب التدخل يدويا ٥٠٠ مرة ليكتسب ن ٥٠٠ نقطة تساوى (تساوى ٥°م) بينما يفقد ط ٥٠٠ نقطة ، وبالتالى يتم ضبط الثرموستاتين عند نفس الدرجة . وإذا حدثت بعد ذلك إجراءات من الهيمنة اليدوية تدعم من ن فإن هذا سيعطى ن تميزا . ومن الآن فصاعدا ، سوف يسيطرن - ويخلق جوا دافئا فى غرفة النوم ، وجوا باردا فى غرفة الطعام .

ولنلاحظ أنه بافتراض الفروض أعلاه ، فإن الأمر يتطلب ما يزيد عن ٥٠٠ تدخل بشرى لتعليم النظام أنه ينبغى أن يعكس من وضعه السابق . والنظام هكذا بطىء التعلم . على أنه يمكننا تعديل النظام بطريقتين على الأقل لجعله سريع التعلم . فأولا ، يمكننا أن نخفض الحد الأعلى للتباين الحرارى . وكمثل ، إذا كان الفارق بين ن و ط لا يسمح له قط بأن يتجاوز ٥°م (بدلا من ١٠°م) فإن الأمر لن يتطلب إلا نصف عدد التدخلات البشرية . وثانيا ، لو كان ما ينتج عن كل تدخل بشرى هو تباين من خمس

نقاط أو حتى عشر نقاط بدلا من نقطة واحدة ، فإن الفارق بين الاثنين يمكن خفضه بمعدل سرعة أكبر بخمسه أو عشرة أمثال - ووقتها فإن النظام سوف يتعلم النمط الجديد بسرعة أكبر كثيرا .

ونحن يمكننا أيضا تناول النظام بطرق كثيرة أخرى . وكمثل ، فى استطاعتنا أن نضع سخانات من أحجام مختلفة مجاورة لأجهزة الثرموستات : وكلما صغر حجم السخان ، أصبحت درجة حرارة الغرفة أكثر أهمية . ونظام كهذا سيعنى أن وجود سخان أصغر فى غرفة الطعام سيدعم الثرموستات ط على ن . كما نستطيع بدلا من ذلك أن نضبط فى أول الأمر درجة حرارة تشغيل ط عند درجة أعلى بحيث إنة رغم أن درجة الحرارة فى غرفة الطعام وغرفة النوم قد تكون متماثلة ، الا أن ط سيتم تنشيطة قبل ن . ويمكننا أن ننوع من حجم أجهزة المشعاع * أو ننوع من أساليب العزل ، أو ندخل أجهزة توقيت تقطع عمل الثرموستات ، وكل هذا سوف يؤدى إلى تباين الوقت الذى تسيطر فيه إحدى الدوائر على الأخرى . وأخيرا يمكننا أن ندخل عناصر تأخير داخل النظام ، بحيث يحدث مثلا أن ن لا يمكنه أن يتحول إلى التشغيل إلا بعد مرور ساعة من انغلاق ط . وكل هذه الميكانزمات سوف تخلق نظاما ذا اتجاه متحيز قوى : هو فى هذه الحالة اتجاه يدعم تسخين غرفة الطعام (بتنشيط الثرموستات ط) على حساب غرفة النوم .

ومن المحتمل فى النظم البيولوجية ، وخاصة فى مخ الثدييات ، أنه يعمل فيها ما يكافىء كل النظم المذكورة أعلاه . كمثل ، فإن أجزاء المخ التى تتحكم فى شتى حركات الجسم تؤكد على أن يكون معمارها بحيث يضفى نزعة انحيازية لتنشيط وتنسيق العضلات التى لها أهمية بالنسبة للحفاظ على بقاء النوع بأكفأ أسلوب . فتنشيط وتنسيق هذه العضلات بالصورة الصحيحة أمر لا يزال مما ينبغى تعلمه ، ولكن الحيوانات التى تتسلق الأشجار (كالقرود مثلا) أو التى تسبح فى المحيط (كالدرافيل مثلا) تختلف ليس فحسب فى الملامح التشريحية الكبيرة ، وإنما تختلف أيضا فى تكوين أجزاء المخ . ونجد فى البشر مثلا أن جزءا كبيرا من المخ مخصص لتنسيق حركة الأيدى والأصابع .

والمخ البشرى فيه ميكانزمات لتعلم الأمور سريعا ولمحو تعلم الأمور سريعا . كما توجد أيضا ميكانزمات لتعلم الأمور سريعا ، ولكن محو تعلمها بعد ذلك لا يحدث إلا ببطء شديد جدا جدا . وهذا المثل الاخير نجده على نحو نموذجى فى ظاهرة «الدمغ» - التى نلاحظها فى نطاق واسع من الحيوانات الراقية - حيث بعض الأمور لا يمكن أن يتعلمها إلا الحيوان غير البالغ أثناء الأطوار المبكرة من دورة حياته . ويبدو أن الشبكة بعد ذلك يصيبها «التجمد» بحيث إن البالغين لا يستطيعون التعلم أو إعادة التعلم . ومثل ذلك عند البشر تعلم الحديث بلغة أجنبية بدون أى أثر للكنة .

* جهاز إشعاع الحرارة للتدفئة . (المترجم) .

النقطة المهمة فى كل هذا أنه من الممكن أن نبدأ من حلقة التغذية المرتدة السالبة البسيطة لنظام ثرموستات البيت ، ثم نوسع ذلك إلى حلقة التغذية المرتدة السالبة المزدوجة التى فى الدائرة القلابة ، ثم نضيف أجهزة ذاكرة ، مثل العدادات التى تكون أيضا مربوطة إلى النظام بواسطة حلقات تغذية مرتدة ، ثم ننتهى إلى نظام قادر على التعلم .

ولنلاحظ أننا فى كل هذا استخدمنا فحسب نظاما قلابا واحدا لا يتضمن سوى ثرموستاتين وحجرتين وليس فيه سوى مسلكين اثنين محتملين . فإما أن تتم تدفئة حجرة النوم أو حجرة الطعام . هيا الآن نوسع هذا الى غرف كثيرة فى البيت ، ولننظر فى مدى احتمالات الأنماط الكثيرة المختلفة وليس أمر نمطين اثنين فقط - وعندها فإننا سنأخذ فى رؤية الخطوط الخارجية لشبكة عصبية بدائية - حتى وإن كانت شبكة مخصصة فحسب لتدفئة أجزاء البيت المختلفة .

وحتى عندما نستخدم غرفتين لاغير ، فإن النظام يمدنا بنموذج لأبسط الشبكات العصبية ، فهناك «مدخل» - هو الحرارة الآتية من الموقد . وهناك «مخرج» هو تدفئة غرفة الطعام أو غرفة النوم . ثم هناك نظام الثرموستات الذى «يحلل» المدخل ، «يستجيب» لإنجاز المخرج المطلوب . وبتغيير درجات ضبط أجهزة الثرموستات أو بدلاً من ذلك بإحداث تباين فى حجم السخانات ، يمكننا أن نحصل على وزن للدوائر إما بالنسبة للمبرمجات أو بالنسبة للمعدّة - وهذا بالتالى يدعم المخرج المطلوب . والنظام «يتعلم» من سيده البشرى بشأن أى غرفة ينبغى أن تتلقى التدفئة المفضلة . ويتم هذا عن طريق إعادة ضبط أحد الثرموستات أو الآخر ، بما يؤدى بالتالى إلى تغيير الأوزان النسبية . والعداد يدعم من تغيرات الوزن هذه بحيث يزيد فى المستقبل احتمال أن يتوصل النظام إلى المخرج المطلوب .

ونموذج الثرموستات يتضمن خليطا من الذكاء البشرى والآلى ، والاخير يتأسس على أجهزة ميكانيكية وكهروميكانيكية من الطراز القديم . لنفكر إذن ، إلى أى حد يمكن ان نزيد قوة وحنكة النظم عند استخدام ما هو متاح للكمبيوترات من تكنولوجيا الجوامد سريعة التحول . وبالإضافة ، فإنه بدلا من أن يكون لدينا فقط طبقة توسطية واحدة ، يمكن أن يوجد تسلسل متراكب من الطبقات كما فى المخ البشرى ، يجعل المدخل فى علاقة مع الأنماط العديدة الموجودة بحيث يتم وزنه عند كل طبقة ، يتم تنقيحه حتى يكون للمخرج «معنى» من داخل سياق معين من المدخلات المسبقة والذكريات المرتبطة .

وحتى إذا كنا لم يمكننا بعد التوصل إلى كمبيوترات فيها $10^{11}$ ترانزبيوتر بما يحتمل أن يتضمن $10^{15}$ من الوصلات ، حتى مع هذا فإن الإمكانات المحتملة لكمبيوترات الشبكة العصبية لهى إمكانات هائلة . والحوسبة بالشبكات العصبية مازالت إلى حد كبير فى طفولتها . وعموما فإن كمبيوترات شع مازالت أساسا أجهزة توجد فقط فى الجامعات ومراكز البحث الأخرى ، حيث كانت بداياتها هناك (انظر عرض

كوهونين ١٩٨٨). والنظرية الأساسية للحوسبة العصبية تم استكشافها لأول مرة فى أوائل الأربعينيات بواسطة ماك كالوتش وبيتس فى شيكاغو . أما فيرلى وكلارك فقد خلقا فى أوائل الخمسينيات نماذج لعلاقات الاستشارة - الاستجابة التى تتخذها الشبكات العشوائية . وقد زاد من تطوير هذه المفاهيم عدد من الباحثين هم - روز نبلات (١٩٥٨) ، وويدر وهوف (١٩٦٠) ، وكابا نيللو (١٩٦١) ، وستاينبوش (١٩٦١).

وبعض الباحثين مثل أوبرماير وبارون (١٩٨٩) يعتبرون أن برنارد ويدرو بأبحاثه فى جامعة ستانفورد فى الخمسينيات هو المؤسس لمجال الشبكات العصبية . ومن أوائل تطبيقات الشبكة العصبية لويدرو (١٩٦٣) ، نظام للتنبؤ بحالة الطقس . وبتغذية الشبكة بعينات كثيرة عن الضغط بالأمس وحالة الطقس اليوم ، فإن الشبكة عند تغذيتها بضغط اليوم تعطى تنبؤاً بحالة الطقس فى الغد . وعالم الأرصاد الجوية المحلى كانت درجة دقة تنبؤاته تصل إلى حوالى ٦٥ فى المائة ، بينما وصلت درجة دقة شبكة ويدرو إلى حوالى ٨٣ فى المائة .

ويقدر كوهونين (١٩٨٨) أنه أثناء ربع القرن ما بين أوائل للستينيات و أواخر الثمانينيات ، تم نشر أوراق بحث عن صياغة النماذج العصبية عموما يصل عددها إلى آلاف عديدة . وهو يعرّف «الشبكات العصبية الاصطناعية» بأنها «شبكات هائلة موصولة فيما بينهما بالتوازى ومكونة من عناصر بسيطة (عادة متكيفة) هى وتنظيمها الطبقية التى يقصد بها أن تتفاعل مع أشياء العالم الواقعى بنفس الطريقة التى تتفاعل بها النظم العصبية البيولوجية» .

وهذه الشبكات وإن كانت تحاكى النظم البيولوجية ، إلا أن كوهونين ينظر أمرها بالمقارنة بضخامة نظام المخ البشرى - حيث فيه ١٠ ^١١^ من العصبونات مع ما لها من وصلات فيما بينهما يصل عددها فيما يحتمل إلى ١٠ ^١٥^ - ثم يقول مستنتجا : «يبدو أنه ليس من الممكن برمجة وظيفة نظام كهذا حسب خطة مسبقة ، حتى ولا بواسطة المعلومات الوراثية» . ويحاج كوهونين بأن هناك على الأقل بعضاً من البرمجة ، خاصة من حيث محتوى الذاكرة ، لابد وأنه يتم اكتسابه ما بعد الولادة . وهذا يعنى إما أن الشبكة نفسها لابد وأن تتغير ، بحيث تقطع وصلات وتُخلق وصلات جديدة ، أو أن قوة الوصلات تتغير . وكما ناقشنا من قبل ، فإن الطبيعة تختار الطريقة الأخيرة من هاتين الطريقتين . والطريقة الأولى ، أى قطع الوصلات وخلق وصلات جديدة ، هى عملية خطرة فى هذا النظام المعقد : فتغييرات كهذه قد تؤدى إلى تغيرات جذرية فى الخصائص الأساسية للنظام .

ونظام تقوية أو إضعاف الوصلات ، أى تغيير ما لها من وزن حتى يتم خلق أنماط جديدة من المسالك العصبية - هو النظام الذى تحاول كمبيوترات الشبكة العصبية مضاهاته .

# الشبكة العصبية مقابل الكمبيوترات الكلاسيكية

## ملخص


وضع كوهونين (١٩٨٨) قائمة بأوجه التمايز بين نظم الشبكة العصبية (البيولوجية والإلكترونية) وبين الكمبيوترات الرقمية :

١- الشبكات العصبية البيولوجية لا تطبق مبادئ الدوائر الرقمية أو المنطقية .

٢- العصبونات ونقط المشابك أى منهما ليس عنصرا من عناصر الذكرة ذات الحالة الثنائية .

٣- الحوسبة العصبية لا تحدث فيها تعليمات للآلة ولا شفرات تحكم .

٤- دوائر المخ لا تستخدم حوسبة تكرارية ، فهى ليست خوارزمية .

٥- طبيعة معالجة المعلومات فى نظم الشبكة العصبية (البيولوجية والإلكترونية) مختلفة اختلافا تاما .

ويمكننا أن نضيف إلى هذه العوامل الخمسة عاملين آخرين عرفهما أوبيرمايو وبارون (١٩٨٩) :

٦- تقاس ذاكرة الكمبيوتر الرقمى بلغة من العدد المتاح من مفاتيح التشغيل / الإيقاف . أما ذاكرة كمبيوتر شع فتتأسس على عدد الوصلات البينية المكننة .

٧- سرعة الكمبيوتر الرقمى تقاس بالمثل بالتعليمات فى كل ثانية : أما سرعة كمبيوتر شع فتقاس بعدد التغيرات المحتملة للتوصيلات البينية فى كل ثانية .

والمعلومات فى الكمبيوترات الكلاسيكية يتم اختزانها كأنماط من مفاتيح التشغيل / الإيقاف ، وتشتغل معالجة المعلومات على هذه الأنماط بواسطة سلسلة استرجاعية منهجية من التعليمات المنطقية أو الخوارزمية ، تحرك المعلومات جيئة وذهابا بين مخزن الذاكرة والمعلاج .

أما الشبكات العصبية فيتم اختزان المعلومات فيها كأنماط من الوصلات والمسالك العصبية . ومعالجة المعلومات تتطلب إعادة ترتيب هذه الأنماط . والنظام الذى «يختزن»المعلومات هو نفسة الذى «يعالجها» ، وهذا النوع من المعالجة يتطلب تغير الأحوال «داخل» العناصر التى تصنع النظام ، وبالتالى فإنها تغير من وزن الوصلة او قوتها . وهذه التغيرات الداخلية ليست رقمية وإنما تستلزم تغيرات كمية .

أن هذا كله يعنى أن نظم شع لا يلزم أن تكون مبرمجة ، وإنما هى فحسب مما يمكن أن يتاح لها أن تتعلم . والحقيقة أنة كما ذكر إيان دونالد سون (١٩٨٨) فى بلاغة محكمة فإن «التعلّم ليس فحسب أفضل ما تفعله الشبكات العصبية ، ولكنه ببساطة هوما تفعلة هذة الشبكات». وهذا إذن هو السبب فى أن كمبيوترات شع هى علامة فارقة هكذا فى تطور ذكاء الآلة . والحد الفاصل بين الذكاء البدائى عند النظم غير العضوية لمعالجة المعلومات ، وبين الذكاء الحقيقى عند النظم البيولوجية هو حد يتأسس على حقيقة أن كل النظم العضوية تظهر القدرة على أن «تتعلم» – وكمبيوترات شع قد اجتازت هذا الحد الفاصل .

## التأثير فى أبحاث المخ

مع تنامى فهمنا للشبكات العصبية الالكترونية ، فإنه بمثل ذلك سيتنامى فهمنا للمخ البشرى. وأهمية الكمبيوترات بالنسبة لأبحاث المخ أن الكمبيوترات توفر لنا نماذج قابلة للاختبار . ويذكرنا هذا بما يوازى ذلك تاريخيا – وهو فهمنا لطبيعة القلب . فقدماء الإغريق لم يكن لديهم أى خبرة بالأجهزة التى تعمل كمضخات (فيما عدا لولب أرشميدس * الذى كان يمكنه رفع الماء لأعلى منحدر ، ولكنه لم يكن مضخة حقيقية) . وبالتالى فإنهم لم يستطيعوا تصور طريقة عمل القلب . وبدلا من ذلك فقد افترضوا أن القلب نوع من مدفأة – وهذه كانت لهم خبرة وافرة بها – وسبب ذلك ان القلب عندما يتوقف يصبح الدم باردا . ولم يكن من الممكن أن يأتينا عالم مثل هارفى ليوصف القلب كمضخة إلا بعد أن حدث فى العصور الوسطى أن زودت «الفنون الميكانيكية» المجتمع الأوروبى وقتها بخبرة جماعية بالمضخات . وبطريقة مماثلة ، فإن خبرتنا الجماعية بالكمبيوترات هى التى تزودنا بنفاذ البصيرة الذى يساعدنا على تصور ذهنى لطريقة عمل المخ .

وهذا يعنى أننا نتعامل مع موقف من الحفز الذاتى . فالذكاء الجماعى البشرى ، إذ يساعده الآن ذكاء الآلة – كنموذج وكأداة فى نفس الوقت – فإنه يخطو خطوات سريعة نحو فهم طريقة عمل المخ . ومع نمو هذا الفهم سوف نكون قادرين على تحسين وظائف وقدرات المخ . وسوف نلحظ هذا أكثر ما يلحظ فى مجال التعليم . إن كل نظريات التعليم حاليا ما زالت تخمينًا : وإذا كنا لا نفهم طريقة عمل المخ ، كيف لنا أن نفهم عملية العلّيم ، كيف لنا أن نبتكر نظرية يوثق بها لتوجهنا ؟

---

* يقصد الشادوف الذى عرفه، قدماء المصريين قبل الإغريق . (المترجم) .

على أن هذا سوف يتغير مع نمو فهمنا، وهذا الفهم سيزيد من الذكاء «الفردى الفعال» عند أفراد البشر . وهذه الزيادة فى الذكاء الفردى ستقوى من ذكائنا الجماعى ومن تقدمنا فى ابتكار أشكال من ذكاء الآلة تتزايد أبدا فى براعتها - وهذه الأشكال بدورها ستعجل من تطور الذكاء بسرعة أكبر - وستؤدى فى النهاية إلى أن تحدث نقلة .

## تطبيقات كمبيوتر شع

من أقدم تطبيقات نظم شع جهاز «مدراك» روزنبلات (١٩٥٨) . وهذا النظام من الإدراك البصرى ليس فيه إلا طبقة واحدة ، وكانت فائدة محدودة (مينكسى وبابرت ١٩٦٩ و ١٩٨٨) على أنه كان جهدا رائدا .

ومنذ ذلك الوقت صارت كمبيوترات شع تستخدم تجاريا فى مدى واسع من التطبيقات . ويتضمن الكثير من هذه التطبيقات أنواعا شتى من المهام الإدراكية - الكلام والحروف (الكتابة) ، والنص ، والمعدات ، وأجزاء الآلة ، والبشر ، الخ - معالجة الصورة والإشارة - ، والتصنيع والجودة ومتابعة العملية والإدارة المالية ، و إدارة قواعد المعلومات ، والتشخيص الطبى - وكمثل من التشخيص الطبى هناك جهاز بابنت PAPNET* الذى طورته شركة الأنظمة العصبية الطبية ، وهو جهاز يستخدم مبرمجات تضاهى الشبكة العصبية ليساعد على اكتشاف الخلايا السرطانية فى مسحات باب لعنق الرحم (حسب ما سجل فى «المجهول» ١٩٩٠) . وقد فشلت المحاولات السابقة لأتمتة الفحص الفرزى لمسحات باب لأن من الصعب أبلغ صعوبة التمييز بين الخلايا قبل السرطانية والخلايا الطبيعية التى تبدو مثلها . وحيث إن عدد المتغايرات هنا عدد كبير ، فإن برمجة الكمبيوترات الكلاسيكية لتمييز أنوا ع الخلايا بصريا هى مهمة تكاد تكون مستحيلة .

وليس من هدف الكتاب أن يعرض على نحو موسع تطبيقات كمبيوتر شع ، بل ولا حتى أن يقدم عرضا لكمبيوترات شع . على أن الفصل الحالى يمدنا بدليل على فكرتين اثنتين :

١- هناك فجوة هائلة بين الكمبيوترات الكلاسيكية والأمخاخ البشرية . والاثنان يختلفان شبها مثل اختلاف الجرار والحصان . ولا يمكن أن يؤدى أى مزيد من التطوير ولا

* كلمة مكونة من شقين الأول pAp وهذا اختصار لاسم العالم بابانيكولا الذى ابتكر طريقة لصبغ مسحات عنق الرحم للكشف عن الوجود المبكر لخلايا سرطانية ، والثانى NET بمعنى الشبكة . (المترجم) .

أى ارتقاء فى المستقبل إلى أن يحول جراراً إلى حصان – وإن كان من الممكن جعله أسرع وأرخص وأقوى . وبالمثل فإنه ما من زيادة فى التحسينات ستجعل الكمبيوتر الكلاسيكى يسلك مثل المخ البشرى . ومن الناحية الأخرى فإن زيادة التطويرات والارتقاء بالكمبيوترات الكلاسيكية ستواصل ان تجعلها دائما تتزايد ذكاءً – إلى النقطة التى يمكن عندها تصنيفها بحق على أنها أكثر ذكاءً عن البشر خالقيها . وعلى أى حال ، فإن آلات فون نيومان للذكاء الفائق ، ما لم تصبح جد قوية بحيث تكون قادرة على مضاهاة أجيال المستقبل من كمبيوترات شع المتقدمة ، فإنها ستظل ببساطة على ما هى عليه الآن – مجرد « آلات » .

٢- كمبيوترات شع هى النظم الأقرب كثيرا للمخ البشرى – على أنه حاليا يوجد بينهما فارق كمى كبير ، إلا أن هذا الفارق الكمى سينكمش بمرور الوقت . وفى نفس الحين ، فإن كمبيوترات شع بسبب طريقتها لمعالجة المعلومات التى تقترب اقترابا شديدا من طريقة المخ البشرى ، فى استطاعتها أن تصبح الأساس لدرجة أرقى كثيرا من التربيط التبادلى * سهل الاستخدام – لتعمل كوسيط بين منطق الكمبيوترات الكلاسيكية وحدس أفراد البشر .

### Literature Cited


An nonymous (1990) Report : Cancer catcher, Sci. Am. 262 (5):55.

C Aoki and p Siekevitz (1988) Plasticity in brain development, Sci. Am. 259(6):34-42.

M Boden (1987) Artificial intelligence: cannibal or missionary? AI & Society 1 (1):17-23.

A Diamond (ed) (1990) The Development of Neural Bases of Higher Cognitive Functions, Ann. New Yourk Acad. Sci. 608.

IM Donaldson (1988) Personal view: What good are neural nets? J. Inform. Technol. 3(4): 272-276.

R Forsyth (1986) Machine learning, in Artificial Intelligence (M Yazdani ed), pp. 205-225, Chapman and Hall, London.

WD Hillis (1985) The Connection Machine, The MIT Press, Cambridge, Mass.

T Kohonen (1988) An introduction to neural computing, Neural Net works 1:3-16.

GA Miller and PM Gildea (1987) How children learn words, Sci. Am. 257(3):86-91.

M Minsky and S Papert (1969 and 1988) Perceptrons, The MIT Press, Cambridge, Mass.


*التربيط والتفاعل بين معدة الكمبيوتر والمبرمجات والمستخدم . (المترجم) .

RA Nicoll, RC Malenka and JA Kauer (1989) The role of calcium in long-term potentiation, in Calcium, Membranes, Aging and Alzheimer 's Disease (ZS Khachaturian, CW Cotman and JW Pettegrew ed),Ann. New York Acad. Sci. 568:166-170.

KK Obermeier and JJ Barron (1989) Time to get fired up, Byte August 1989, pp. 217-224.

F Rosenblatt (1958) The perceptron: A probalistic model for information storage and organisation in the brain, Psychoanalytic Rev. 65:386-408.

I Rosenfield (1988) The Invention of Memory, Basic Books, New York.

T Stonier (1984) Computer psychology, Educational and Child Psychol. 1(2):16-27.

T Toffoli and N Margolus (1987) Cellular Automata Machines, The MIT Press, Cambridge, Mass.

## ٨ – مستقبل ذكاء الآلة

# السبب فى أن الكمبيوترات ستصبح أبرع من البشر *

الأقسام التالية من الكتاب سيتضح منها فيما ينبغى ، أن الكمبيوترات آلات تزيد دائما قوة فى تفكيرها . وبالتالى فسيكون ما يجب أن ننظر أمره ، ليس عما «إذا» كان ذكاء نظم الكمبيوتر سيفوق نظم ذكاء أفراد البشر ، وإنما يجب أن ننظر فى «متى» سيتم ذلك .

ثمة أسباب قوية عديدة تجعلنا نتوقع أن الكمبيوتر عند نقطة ليست فى المستقبل جد البعيد سوف يتفوق عمليا على البشر فى كل المهام الفكرية .

أول هذه الأسباب ، ولعله أهمها من الوجهة النظرية ، هو سبب ناتج عن حقيقة أنه بينما يمكننا واقعيا أن نوسع من المعرفة البشرية إلى ما لا نهاية ، إلا أننا لا يمكننا فيزيقيا أن نوسع من المخ البشرى . فأفكارنا (البشرية) فى احتباس داخل جماجمنا الغائية . أما ذكاء الآلة فليس عليه مثل هذا القيد . ونحن نسطيع أن نطبق كل أوجه التقدم فى المعرفة من أجل أن نخلق أشكالا أكثر تقدما لذكاء الآلة . كما نستطيع تخليق أجهزة يتجاوز عمرها مدى عمرنا تجاوزا كبيرا – بما يقرب من اللانهاية ، هذا لو تجاوزنا عن الإصلاحات والنقل اللا محدود للبيانات وقدرات المعالجة . وبالإضافة فنحن يمكننا أن نضم معا كل صنوف الكمبيوترات لنخلق كمبيوترات فائقة super comput-ers ستتيح لنا فى النهاية أن نحشد فى نظام وحيد كل المعرفة البشرية مضافا إليها أغلب القدرات العصبية البشرية ، أوكل هذه القدرات إذا أتيح الوقت الكافى .

والكمبيوترات فى الوقت الراهن هى بمثابة «علماء بله» . إنها تظهر بعض جوانب من الذكاء البشرى ، مثل القدرة على أداء بعض الحسابات الرياضية – وهذا هو الجانب الذى تتفوق فيه . إلا أنها لا تفهم العملية التى تشتغل بها ، ولا الهدف من ممارستها ولا حتى وجودها هى نفسها . وباختصار فإنها ينقصها الإدراك ، وهى عاجزة عن إلقاء الأسئلة التى يمكن لمبرمجيها من البشر أن يسألوها . فالكمبيوترات حاليا تظهر مستوى منخفضا من الذكاء .

على أن هذا الحال من الأمور لن يظل باقيا إلى مالا نهاية . فمع تنامى فهمنا للمخ البشرى ، وكذلك مع تنامى مهارتنا فى تناول النظم الميكروالكترونية / الميكروضوئية ، سوف يكتسب الكمبيوتر قوى تفكيرية تتزايد شبها بما لدينا . وبالإضافة فإنه لو نحينا

---

* كتب المؤلف تأملات مبكرة فى هذا الموضوع ( ستوبنر ١٩٨٨ ) ونرجع القارئ هنا الى مقال فيه نقد عميق لهذه التأملات عنوانه « السبب فى أنه ليس من المحتمل قط أن تصبح الكمبيوترات أبرع من البشر » وقد كتبه بيترج . مارسر (١٩٨٩) .

جانبا ما يتحتم أن يحدث من التطورات غير المتوقعة ، فإن هناك التطور المقبل كمبيوترات الشبكة العصبية (شع) ، وهذه مع أوجه تقدم أخرى يمكن أن تُدخِل البعد العاطفى إلى ذكاء الآلة - الأمر الذى سنناقشه وشيكا .

هذا وتمثل الكمبيوترات تكنولوجيا فريدة تماما من حيث أن نظم الكمبيوتر لديها القدرة على التكاثر ذاتيا . وقد لا تكون التكلفة مجزية اقتصاديا ، ولكن لا يوجد أى سبب نظرى يمنع أن نخلق مصنعا مؤتمتا بالكامل بنظم للتصحيح الذاتى ، وذلك لانتاج كمبيوترات وروبوتات بدون أى وجود لبشر . وكما هو الحال مع أى كائن حى ، سنحتاج أيضا إلى توفير مواد خام وطاقة للمصنع ، ثم إلى إزالة المخلفات ، وسنحتاج أيضا إلى توفير مايلزم حتى ننقل بعيدا ما ينتج من كمبيوترات وروبوتات . على أن هذه العمليات المختلفة يمكن أيضا أن تكون مؤتمتة . ومن الوجهة النظرية ، يمكننا حتى أن نخلق وأن نبرمج مجمعا صناعيا كهذا لينتج كل المواد اللازمة لخلق مصنع آخر ، بما فى ذلك الروبوتات والآلات المؤتمة الضرورية لبناء المصنع «الابن» .

وقد تكون هناك أسباب اقتصادية قوية ينتج عنها ألا يتم الآن خلق هذه المصانع الروبوتية الناسخة لذاتها ، كما قد يكون هناك فى المستقبل أسباب فلسفية قوية لذلك - حتى لو أصبحت هذه المصانع بالفعل مرغوبة اقتصاديا ، كما يحدث مثلا عندما نود تنفيذ عمليات تعدين على القمر أو الكويكبات - على أنه ستظل هناك حقيقة قائمة ، وهى أنه فى يومنا هذا قد أصبح من المستحيل عمليا بدون مساعدة من الكمبيوترات أن يتم تصميم دورة العمل جد المصغرة والمعقدة لمرققات الكمبيوترات المتقدمة . ولم يحدث قط أن محركا بخاريا قد صمم محركا بخاريا آخر . وعلى النقيض ، فإن الكمبيوترات تساعدنا - بل هى ذات دور حيوى - فى عملية تصميم الجيل التالى من الكمبيوترات . ترى أى نقطة سيحدث عندها أن تتولى النظم المحوسبة الخبيرة عن خالقيها من البشرمهمة تصميم الجيل التالى من الكمبيوترات .

وأخيرا فانه يمكن أن تظهر أثناء تطور ذكاء الآلة خصائص جديدة يتم توريثها فى زمن يقاس بأجزاء من الآلف من الثانية . وهذا هو السبب فى أن ذكاء الآلة سيتفوق على الذكاء البشرى بأسرع كثيرا مما نود أن نعترف به . وقد استغرق الأمر ٦٦ عاما منذ أن طار أخوان رايت لأول مرة فى كيتى هوك حتى مشى البشر على القمر . وتاريخ التكنولوجيا ليس فيه أبدا أى سرعة تقدم يمكن مقارنتها بسرعة تقدم الكمبيوترات . وكمثل فإن قوة مرققات الذاكرة انطلقت كما الصاروخ من ١٦كيلو بته إلى ١٦مليون بته ، وذلك بين ١٩٧٧ و ١٩٩٢ - أى بزيادة من ألف مثل تمت فى ١٥ سنة . وحتى لو كانت الكمبيوترات ستتطور بسرعة لا تزيد عن سرعة تطور الطيران ، فإننا ينبغى أن نصل إلى ذكاء الآلة الذى يكافئ المشى على القمر بحلول سنة ٢٠١٠ . أما بالنسبة

للجمهور العام ، خاصة فيما لوعدنا وراء إلى الأربعينيات عندما ظهرت الكمبيوترات الإلكترونية لأول مرة ، فإن هذا يكون معناه وجود كمبيوترات تجتاز «اختبار تورنج» (الذى سنناقشه وشيكا) . وفى ١٩٥٠ كان سيبدو للجمهور العام ، وكذلك أيضا للمهنى المتوسط ، أن فكرة أن يمشى البشر على القمر ، هى وفكرة أن تستجيب الكمبيوترات بالحوار بطريقة جد مشابهة للبشر بحيث لايمكن اكتشافها ، هاتان الفكرتان كانتا ستبدوان فى ذلك الوقت كرواية من خيال علمى صرف .

ووقت كتابة هذا ، نجد أن جهاز « الفكر العميق » هو أكثر الكمبيوترات تقدما فى لعب الشطرنج . وقد قدر له الاتحاد الفيدرالى الأمريكى للشطرنج درجة من ٢٫٥٥٢ - وهذه قوة لعب تضع الآلة فى النصف الأسفل من قائمة كبار الاساتذة . والجيل التالى من الآلة ، الذى يتوقع له أن يمارس اللعب فى أوئل التسعينيات سوف تزيد قدرته على التحليل لألف مثل ، أى لما يصل إلى حوالى بليون وضع لكل ثانية . ومن المتوقع أنه سيلعب على مستوى ٣٤٠٠ درجة . وحيث إن كاربوف وكاسياروف يلعبان حاليا على مستوى ٢٩٠٠ درجة ، فإنه يتضح ولابد ، أن انتصار الكمبيوترات على أبطال العالم هو مجرد مسألة وقت . وعلى أى حال ، فإن لكاسياروف قولا قد ذكره مستشهدا به هو وزملاؤه (١٩٩٠) ، يذكر فيه أن إبداعه وخياله لابد لهما وأن ينتصرا بالتأكيد على ما هو مجرد سليكون وأسلاك .

ومخلقو « الفكر العميق » - هسو وأناثا رامان وكامبل ونواتزيك (هسو وزملاؤه ١٩٩٠) - يعترضون على كاسياروف بملاحظة أنه عندما يلتقى الاثنان فإنه ينبغى ألا ننظر للأمر كثيرا بلغة من الإنسان ضد الآلة ، والأولى أن ينظر للأمر على أنه «إبداع فرد موهوب بصورة فائقة» قد تخندق ضد «عمل أجيال من علماء الرياضة والكمبيوتر والمهندسين» . ويعتقد هسو وزملاؤه أن النتيجة سوف تحدد ما إذا كان «يمكن للجهد الجماعى البشرى أن يبز أحسن الإنجازات لأكثر أفراد البشر قدرة» . وهذه نقطة تلقى قبولا حسنا ، خاصة وأنه كما تدل عليه أسماؤهم فإن خالقى الجهاز هؤلاء يمثلون هم أنفسهم أربعة أرجاء مختلفة من العالم - بما يوضع مرة أخرى مدى قوة الذكاء الجماعى الكوكبى الناشئ .

## السبب فى أن الذكاء البشرى سيظل لبعض الوقت متقدما على ذكاء الآلة

من المهم بعد أن نظرنا فى أمر ذكاء الآلة الذى سيتجاوز الذكاء البشرى ، وسيفعل ذلك بأسرع مما يتوقع عموما ، من المهم أن نبين أن الذكاء البشرى نفسه لن يظل أيضا متوقفًا على ما هو عليه ، ولكنه سيواصل التطور .

فأولا ، وكما ناقشنا من قبل ، وكما سبق أن بيّن آخرون كثيرون ، سوف تواصل تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الواسعة النطاق ربط الجنس البشرى فى «قرية كوكبية» تتزايد أبدا فى ارتباطها الوثيق . ويعنى هذا أن الذكاء البشرى «الجماعى» سيواصل التقدم فى وثبات وقفزات . وبالإضافة ، فإن أوجه التقدم العظيمة فى كل أشكال البحث العلمى ، مصحوبة باستخدام وسائل أكفأ بدرجة هائلة فى توصيل وتخزين واسترجاع نتائج هذه الأبحاث ، كل هذا سوف يؤدى إلى تحسن عظيم فى فهمنا لكوننا . وحاليا نجد أن معظم هذه الأوجه من التقدم تدفعها قدما تكنولوجيا المعلومات ، وهذا أمر سوف يتزايد فى المستقبل . بمعنى أنه ، كما أن تطور المجتمع ظل يُدفع (وما زال مستمرا على أن يُدفع) أساسا بواسطة ما يحدث من أوجه تقدم فى التكنولوجيا ، فبمثل ذلك تقوم الآن تكنولوجيا المعلومات بدفع تطور العلم وتطور التكنولوجيا «نفسها» . ومن أهم التكنولوجيات التى يتم تحسينها بواسطة تكنولوجيا المعلومات ، تكنولوجيا «التعليم» (انظر ستونير وكونلن ١٩٨٥) . وطرائق التعليم الجديدة سوف تحسن تحسينا هائلا من الفهم الجماعى للبشر ومن قدراتهم على حل المشاكل .

وطرائق التعليم المحسنة سوف تؤدى أيضا إلى تحسن عظيم فى الذكاء الفعال «لأفراد» البشر . وهذا التحسن فى التعليم سيكون الكثير منه ناتجا عن فهمنا الأفضل لطريقة عمل المخ . ونحن فى الوقت الراهن تعوزنا نظرية أصيلة للتعليم لأننا تعوزنا نظرية أصيلة عن التعلم . ولن نتمكن من التوصل إلى نظرية كهذه حتى نفهم فهما جيدا بالدرجة الكافية طريقة عمل المخ ، وخاصة كيف يتعلم .

وفهمنا للمخ سوف يتيح لنا أن نتدخل تدخلا أكثر فعالية ، ليس فحسب بلغة من التعلم ، وإنما أيضا بلغة من كل ما يقدر عليه المخ من معالجة للمعلومات . وكمثل ، فإن اتخاذ خطوات لها مغزاها فى مجال التغذية تؤكد توفير المواد المسبقة لتكوين الأغشية مثل أحماض أوميجا - ٣ الدهنية ، أو المواد التى تساعد على منع الأكسدة الضارة بالأغشية ، مثل فيتامين هـ ، واتخاذ هذه الخطوات سوف يحسن من الحالة الصحية العامة لهذه الأعضاء المرهفة ويحسن كذلك من مرونتها . وحالة الأم الصحية العامة أثناء الحمل لها أهميتها ، مع تجنب الكيماويات الضارة مثل الكحول والنيكوتين وغير ذلك من العقاقير المؤذية ، وكذلك مع اتخاذ إجراءات أكثر إيجابية من التدخل الغذائى - سواء أثناء الحمل أو أثناء تشكيل المخ فى الطفولة المبكرة - هذا كله سينتج عنه تحسينات لها مغزاها فى كفاءة المخ عند الأطفال والبالغين . وبالإضافة ، فسوف نفهم فهما أفضل متى يكون الطفل مهيئًا للانتقال إلى المرحلة التالية من تناميه الذهنى ، فتوفر له المجموعة الملائمة من عوامل الحث لتعظيم تناميه تناميا صحيا لاقصى حد . ومن الممكن أن نعمل على أن تقترب عوامل الحث البيئية بعوامل الحث الغذائية ، مثل إعطاء جرعات من حامض ن - أسيتيل نيورا نيميك لزيادة مستوى المواد التى يعرف أنها تصاحب تكوين المشابك (مثل البروتينات السكرية والعقد سيدات (جانجلو

سيدات) والمخسيدات (سريبروسيدات)* - وبالتالى يتم خلق الشبكات العصبية - وهذه هى المهمة الرئيسية لمخ الطفل وهو يناضل ليستخلص معنى الكم الهائل من المعلومات التى ينهال قذفها على جهازه العصبى (مورجان ، ١٩٩٠) . وفى أواخر الطفولة ، وكذلك فى مرحلة البلوغ ينبغى أن نكون قادرين على تحسين قدرتنا على تذكر الأشياء تحسينا هائلا ، إما باستخدام المرسلات العصبية (أو بكبح الكابحات) ، أو باستخدام عمليات الاستثارة (أو الاحباط) العصبية الدقيقة الصغر . وكل هذه الأبحاث الجارية ستمكننا أيضا من عكس ما فى السن الكبير من أحوال ذهنية عاثرة سواء كانت فى شكل مخفف من حالة الشيخوخة ، أو فى شكل حالة خطيرة من مرض الزهايمر - وبالتالى فإن هذا سوف يطيل كثيرا من فترة النضج والحكمة التى يمكن أن تأتى من العيش لسنوات كثيرة .

وثمة قدر كبير من معالجة المعلومات يحدث أثناء النوم . فتطفو على السطح أفكار جديدة أو توليفات جديدة من الأفكار ، وتتبلور لما يكفى لأن تعاود الظهور عند الاستيقاظ ، بينما يتم نسيان كل الحطام المتناثر للأفعال والممارسات التى تمت فى اليوم السابق - أين أوقفنا العربة للانتظار ؟ ما الذى تسوقناه ؟ ما الذى أكلناه فى الافطار- كل تلك الأمور الروتينية فى حياتنا التى لا تشمل أى تهديد كبير ولا متعة بالغة . وكلما زاد ما نتعلمه عن شتى جوانب النوم والحلم ، سنتعلم كيف نروض ما أشار إليه سيجموند فرويد على أنه «عمل الحلم» . فسوف نتعلم كيف نجعل المخ البشرى أكثر كفاءة كحلال المشاكل ونتوصل إلى مستويات أعلى من الذكاء الفردى الفعال .

وأخيراً ، فإنه عند نقطة ما أكثر بعداً فى المستقبل ، سوف نتعلم أن نضيف أجزاء من ذكاء الآلة إلى البشر . وفى الوقت الراهن ، نجد أن قدرتنا على تعزيز القدرات العصبية البشرية بالأجهزة الإلكترونية ، محدودة فى أشياء مثل منظم ضربات القلب والأدوات التى تساعد على السمع . على أنه مع تقدم تكنيكات الجراحة الدقيقة ، سوف يتاح ترقيع الألياف العصبية المفردة بأن تلحم بالدوائر الإلكترونية للمعلاجات دقيقة الصغر . وأحد الإمكانات هو زرع مرققات الذاكرة . وسوف يوسع هذا من قدر المعلومات التى يمكننا الاحتفاظ بها فى رؤوسنا - أسماء وتفاصيل الناخبين المحتملين فى رؤوس الساسة ، وتوصيفات الأمراض أوخواص العقاقير المختلفة فى رؤوس الأطباء ، وأسماء وصور المجرمين المطلوبين فى رؤوس رجال الشرطة ، ويصبح لكل فرد قواميسه وموسوعاته الخاصة به .

وبالإضافة إلى مرققات الذاكرة سيكون هناك حاسبات الجيب وغير ذلك من الأجهزة المنطقية . وأخيراً ، فإن هذه الوحدات ستكون مصحوبة بأجهزة اتصال بحيث يتاح لنا أن «نفكر بصوت عال» فى «صمت» - عبر الحجرات . بمعنى أنه بالإضافة إلى الكلام ، والايماءات ، والرسوم ، والكتابات ، والأشكال الأخرى من وسائل الاتصال المعاصرة - تلك الأشياء التى تجعل منا بشراً - سيضاف إليها قناة اتصال جديدة فريدة بالكلية وحميمة إلى درجة كبيرة هى موجات الفكر الكهرومغناطيسية .

* دهنيات سكرية فى الجهاز العصبى ( العقد والمخ ) تتكون من أحماض دهنيه مع أحد السكريات ومع قاعدة عضوية ( المترجم ) .

# اختبار تورنج للآلات المفكرة

لعله قد آن لنا عند هذه النقطة أن نعود من الأسئلة التجريدية إلى أسئلة أكثر التصاقًا بالأرض : فبالنسبة للناس - الذين يضرب المثل بالواحد منهم على أنه رجل الشارع - متى سيدرك ويتقبل الواحد من هؤلاء أن الكمبيوترات قد أصبحت ذكية مثل البشر ؟ هناك عدة إجابات محتملة ، على أن الإجابة الكلاسكية قد أمدنا بها مبكرا تورنج نفسه . وتورنج يرى أننا ننزع إلى الحكم على ذكاء أحد الأشخاص على أساس ما يدور بيننا وبينه من محاورات . فعلى أساس هذا الحوار نحن نقرر أن أحد الأشخاص ذو معرفة أو أنه جاهل ، وأنه حكيم أو أحمق - أو باختصار هل هو حاذق أم غبى ؟ ويحاج تورنج متسائلا ، لماذا لا نوسع ذلك ليكون اختبارا للكمبيوتر ؟

وحتى نتغلب على تحيز الإنسان ضد ذكاء الآلة لابد وأن نجعل الكمبيوتر هنا متنكرا . وبالتالى ، فقد طرح تورنج الاختبار التالى : ضع حكما من البشر فى غرفة فيها جهازان طرفيان . وأحد الجهازين متصل بالكمبيوتر الذى علينا اختباره ، والآخر متصل بفرد من البشر ولا يدرى الحكم أى من الجهازين يتصل بمن ، وهو يشتغل فى حوار مع الاثنين . وإذا لم يتمكن الحكم من تمييز الاختلاف ، فإنه يجب أن نحكم بأن الكمبيوتر ذكى مثل البشر .

وإذا كان ما ذكر أعلاه يبدو كطريقة تناول معقولة للتثبت من ذكاء الكمبيوتر ، الا أننا يجب أن ندرك أن هذه الطريقة لن تصلح إلا إذا كان هناك مهنى ماهر أقصى المهارة هو الذى يقوم بتوجيه الأسئلة . بل إنه حتى مع كمبيوترات الستينيات البدائية نسبيا - أى الغبية - أمكن لجوزيف وايزنبوم بمعهد ماسا تشوستس للتكنولوجيا أن يبتكر برنامجا كان يخدع المبتدئين بحيث يعتقدون أن الكمبيوتر لا يقتصر على «فهم» حوارهم ، وإنما يفهم أيضا مشاكلهم «البشرية» . فكان هذا هو برنامج «إليزا» الذى سمى على اسم شخصية إليزا دوليتل فى مسرحية «بيجماليون» لشو ، وقد خلق البرنامج أصلا كنوع من المحاكاة الساخرة لاستجابات طبيب علاج نفسى استجابة بلا توجيه أثناء مقابلة أولية للعلاج النفسى . وصمم البرنامج ببراعة للاستجابة بالتذكر ، ثم إعادة إخراج نفس كلمات المستخدم وعباراته ، لتكون أساسا فى شكل أسئلة . وكان البرنامج فعالا على نحو رائع : ويعلق وايزنبوم (١٩٨٤) وهو يعرض الأمر قائلا : «إن إليزا تخلق أروع الوهم بأنها قد فهمت» .

ووايزنبوم نفسه كانت تروعه دائما فكرة أن الكائنات البشرية لابد وأن ينظر إليها كمجرد نظم بسيطة لمعالجة المعلومات . وهو يحاج (ص ٢٠٣) بأن «هناك فكرة عن الذكاء تبسط الأمور تبسيطًا جد مخل قد هيمنت علي التفكير الشعبى والعلمى معاً» وهو يسخر من «الوهم العظيم الفاسد» عن الذكاء الاصطناعى .

وفى استطاعتنا أن نكون على أكبر درجة من التعاطف مع مشاعر وايزنبوم وقت أن كتبها . أما الآن فلابد وأنه قد أصبح ظاهرا أننا لم نعد بعد نستطيع إهمال هذه «الأوهام العظيمة» عندما ننظر أمر تطور ذكاء الالة فى المستقبل . ويبدو أن من المعقول الآن ، على أساس خلق النظم المستحدثة التى من النوع الذى ناقشناه فى الفصل السابق ، وهى نظم سوف تتولف معا بعدها ، ثم تعيد التوليف لتشكيل متباينات جديدة - وهذه عملية توازى تطور المخ البشرى - يبدو معقولا الآن أن نتوقع أنه فى زمن ما خلال القرن الحادى والعشرين سوف يحتمل أن نرى نظم آلات مخلوقة - أو مشتقة - بواسطة البشر وتظهر ذكاء يفوق الذكاء البشرى ، «الفردى» بأى معيار يمكن أن نرغب فى تطبيقه (بخلاف الحشو الذى يقال عن الإنسان كمركز للكون ، مثل القول بأن : «البشر وحدهم هم الأذكياء حقا ، وبالتالى ما لا يكون بشريا لا يمكن أن يكون ذكيا» .

## التوليف وإعادة التوليف

فيما مضى تجمعت الأشكال البدائية من النظم الذكية فى ترابطات ضعيفة من الذكاء الجماعى ، وهذه الذكاوات الجماعية قد أدمجت معا وحداتها الفرعية الذكية لتخلق شكلا جديدا من الذكاء الأرقى .

إن هذا هو أحد الملامح الرئيسية للعمليات التى تحكم تطور الذكاء : وحدات بسيطة تنضم معا فى أشكال تظل دائما تتزايد تركبا . وتطور الذكاء ليس هو وحده الذى يتأسس على هذه العملية ، وإنما يتأسس عليها أيضا تطور الكون نفسه . فالجسيمات الأساسية للمادة تنتظم فى نيوكليونات * ، والنيوكليونات تنشأ عنها الذرات ، وهذه بدورها تشكل الجزيئات . والجزيئات قد تتجمع فى بلورات ، والجزيئات التى تحتوى على كربون تنشأ عنها جزيئات فائقة ومبلمرات توفر مادة النسيج لأصل الحياة كما نعرفها . والكائنات الحية البدائية ذات الخلية الواحدة (والنواة الكاذبة) تنضم معا لتخلق أنواعا راقية من الخلايا (ذات النواة الحقيقية) ، وهذه بدورها تنضم معا لينشأ عنها كائنات متعددة الخلايا . والإسفنج هو الحيوان الأكثر بدائية بين الحيوانات متعددة الخلايا . ونجد فيه أن تجمع الخلايا جد سائب بحيث يمكن فصل الخلايا باعتصار الإسفنج خلال قطعة قماش ذات ثقوب دقيقة . ولو تركنا هذه الخلايا الفردية لوسائلها الخاصة بها ، سيتم تلقائيا أن يعود للانضمام معا مزيج من هذه الخلايا الفردية لتشكل الطبقتين اللتين يتميز بهما المعيار الأساسى للاسفنج (طبقتا الأديم الظاهر والأديم الباطن) . أما فى الحيوانات الأرقى فإن تنوع الخلايا وبناء

* جسيمات نواة الذرة ، أى البروتونات والنيوترونات التى تتكون من كواركات . (المترجم) .

الأنسجة يزدادان تعقدا وتكاملا . ولا يعود في إمكاننا بعد أن نعتصر فأرا من خلال شبكة دقيقة العيون ثم نتوقع أن تعاود الخلايا المنفصلة تجمعها لتصبح فأرا .

وإذن ، فإن هذا هو القانون الأساسى للطبيعة . النظم البسيطة تتجمع لتشكل نظما تنتظم بطريقة أكثر تركبا . وإذا كان هذا التركب فعالا ، بمعنى أنه أكثر قدرة على البقاء أو التكاثر أو إنجاز الهدف ، فإن الضغط الانتخابى سوف يكون بحيث يثبّت تثبيتا دائما من هذه التجمعات . والتكامل يؤدى إلى أشكال أرقى من التنظيم . وهذه هى الطريقة التى يجب أن نفسر بها زيادة محتوى المعلومات فى الكون ، وما يعقب ذلك من تطور الذكاء على هذا الكوكب . وسيكون من غير المنطقى أن نصر على أن هذه العملية قد توقفت .

ونحن يجب أن ننظر إلى مستقبل ذكاء الآلة في سياق من وجهة النظر المذكورة أعلاه . وكمثل فإن تيوفو كوهونين (١٩٨٨) فى عرض للوضع الحالى للشبكات العصبية يوضح أنه يمكن تنفيذ بنيات للكمبيوترات العصبية تكون أكثر تعقدا ، وذلك بتوصيل أنواع مختلفة من الوحدات فيما بينها ، وعلى أى حال فإن الكمبيوتر العصبى ينبغى أن يستخدم كمعلاج – مشارك للكمبيوترات الكلاسيكية من أجل تنفيذ شتى المهام الضخمة ، مثل معالجة الكلام أو الصورة ، أو القيام بدور نظام عصبى خبير .

إن ذكاءنا البشرى الفردى حبيس داخل جماجمنا ، وسوف يثبت أن هذا هو عامل القصور بالنسبة لتنامى ذكائنا الفردى فى المستقبل . على أن الذكاء البشرى قد أمكنه منذ زمن طويل أن يفلت بالفعل من قيود تشريحنا بأن طور ذكاءً جماعيا فعالا. وقد أضفنا إلى ذلك امكان وجود ذكاء للآلة ينتجه الإنسان ، وليس عليه أى قيود. وسوف يؤدى توليف وإعادة توليف الذكاء البشرى المحسن الفردى والجماعى ، بالإضافة إلى ذكاء الآلة – فى تكامل مع تكنولوجيا الاتصالات التى تواصل تقدمها أبدا – سوف يؤدى هذا كله إلى توليد بنيات اجتماعية – تكنولوجية جديدة ذات قوة لا يمكننا إدراكها حتى الآن إلا على نحو غائم .

## عشق الكمبيوتر

العنوان أعلاه يمكن تفسيره بطريقتين . فعشق الكمبيوتر يمكن أن يشير إلى أن أفرادا من البشر يعشقون كمبيوتراتهم بالطريقة التى يعشق بها بعض الناس عرباتهم أو بيوتهم ، أو قد يعنى عشق الكمبيوتر أنه سيتم خلق جيل من الكمبيوترات له القدرة على التعبير عن العواطف بما فيها الحب .

ثمة حاجة كبيرة لمناقشة المعنيين معا . وسوف ننظر أمر التفاعلات التى ما بين البشر والكمبيوتر فى الأقسام المعدودة التالية . أما هنا فسوف ننظر فى أمر الحاجة إلى برمجة العواطف البشرية داخل نظم الكمبيوتر المتقدمة .

ظهر كتابان لكريس إيفانز هما «ميكرو الجبار» و «صناعة الميكرو» وهما معا بالإضافة إلى مسلسل تليفزيونى ، قد أثروا فى التفكير البريطانى تأثيرا عظيما فى أواخر السبعينيات وأوائل الثمانينيات . وبحلول أوائل الثمانينيات ، كان إيفانز يحاول ابتكار وسيلة لبرمجة العواطف فى الكمبيوترات . وكان يحاج بأن معظم القرارات البشرية التى لها أى قدر من الأهمية يتم صنعها على أساس من معلومات منقوصة . والطريقة الوحيدة للتعامل مع وضع كهذا هى أن نرجع ثانية إلى الاستجابة الباطنية – أى إلى العواطف وإلى الميول الفطرية . ولسوء الحظ انقطعت جهود إيفانز بسبب موته المبكر .

على أن القضايا التى أثارها مازالت باقية معنا : فصنع القرار البشرى سوف يحال المزيد والمزيد منه إلى النظم الخبيرة الكمبيوترية . وهذا التطور يمكن أن يكون فيه كارثة ، خاصة مع استخدام آلات فون نيومان المنطقية ذات الطراز القديم . فأولا ، نجد أن المهندسين والمبرمجين غير معصومين من الخطأ ، الأمر الذى ربما يؤدى إلى خلق دوائر منطقية خاطئة ، تستدل استدلالات غير صحيحة ، أو تضع فروضا خطأ – أو تصنع أى عدد من الأخطاء الأخرى . وكما ناقشنا من قبل ، فقد ظل جوزيف وايزنبوم زمنا طويلا ناقدا صريحا لأن نضفى مصداقية أكثر مما ينبغى على عصمة الكمبيوتر من الخطأ . على أنه حتى لو أمكن جعل هذه النظم المحوسبة تعمل بمنطق بالغ الكمال ، فإنه كما ناقشنا فى الفصل السابق : حتى إذا كان هذا المنطق خاليا من الخطأ فإن وجود الافتراضات الخطأ لا يمكن أن يؤدى إلا إلى استنتاجات خطأ .

هذا وعندما تكون ظروف البيئة معقدة وغير أكيدة ، فإن كل الفروض تقريبا تصبح غير أكيدة . ولعل هذا هو السبب فى أن الأشكال الأقدم للحياة تجنبت المنطق كمرشد للبقاء ، واختارت بدلا منه كأداء رئيسية للذكاء (أو الاحرى أنها قد اختير لها) إدراك النمط المؤسس على الشبكة العصبية .

وما يلاحظ من حالات عاطفية فى الحيوانات الراقية وفى البشر ، مثل الفضول والحب والخوف والكره والغيرة ، الخ – هذه الحالات العاطفية هى جزء متكامل من الذكاء البيولوجى الراقى . وهى جزء من الذكاء الاجتماعى ، كما أنها أيضا تسهم فيه. وبالمثل ، فإن ذكاء الآلة الراقى لابد أيضا وأن يتضمن الذكاء الاجتماعى كجزء من ذخيرته . ومن وجهة نظر الاحتياجات البشرية فاننا لسنا فى حاجة للكمبيوترات التى تكره ولا لتلك التى تخاف بلا ضرورة . وإنما نحن فى حاجة بالفعل إلى كمبيوترات تعشق – كمبيوترات تدلل وترعى سادتها من البشر ، وربما أيضاً مثيلاتها من الآلات .

وهذا أمر سيكون مهما على وجه الخصوص كلما أصبحت نظم ذكاء الآلة المتقدمة أكثر إبداعا - وبالتالى أصبحت مما لا يمكن التنبؤ بسلوكه - وأصبحت أعلى فى رقيها وبراعتها - وبالتالى أصبحت أكثر إلغازا . ولو أصاب الخطأ هذا النوع من الذكاء الراقى فإنه قد يصبح بالغ الخطورة (انظر بولوم ١٩٨٧) . إن ما يدمج الآن فى البرامج الحالية من «منطق مشوش» ليس فيه ما يكفى . فنحن نحتاج إلى كمبيوترات ذات عواطف صحية .

## الحاجة إلى نظام حافّى

يوجد فى الداخل من عمق المخ البشرى مجمع لبنى عصبية يشار إليه «بالجهاز الحافى» (الأمر الذى يعرضه مركز الابحاث الطبية ١٩٧٣ ، وبلاكمور ١٩٨٨) . والجهاز الحافى يتضمن مناطق كثيرة مهمة من «المخ البدائى» ، أى أجزاء المخ التى ظهرت مبكرا فى تطور الفقريات . والجهاز الحافى بالإضافة إلى أنه ينظم وظائف أساسية عديدة للأحشاء ، يعتقد أيضا أنه مهم على وجه الخصوص فى خلق الأحوال العاطفية ، وفى تعزيز الدوافع ، وعموما فى تحفيز سلوك الحيوان .

ويتأسس جزء على الأقل من الميكانزم اللازم لتحفيز الحيوانات ، بما فيهم البشر ، يتأسس على إدراك المتعة والألم . فالأفعال التى تؤدى إلى نتيجة ناجحة بيولوجيا مثل الحصول على الطعام أو الاشتغال بنشاط تكاثرى ناجح ، هى أفعال تصحبها حالة من المتعة . أما الأفعال التى تهدد الحياة أو رفاه الفرد أو ذريته ، أو الأفعال التى فى حالة حيوانات معينة (بما فيها البشر) تهدد الأعضاء الآخرين من مجموعتهم ، كل هذه الأفعال تصحبها حالات عاطفية سلبية يمكن تمييزها بأنها مؤلمة . والأشكال القصوى من هذه الحالات الأخيرة قد تتضمن ألما بدنيا شديدا ، على أنه يمكن أيضا أن يكون هناك إحساس بدرجات أقل من الألم النفسى . وأحد أمثلة ذلك بالنسبة للبشر الذين تم تصميمهم ليعملوا فى جماعات وثيقة الصلة ، هو مثل الوحدة . كما أن الملل مثل آخر ، فهو حالة عاطفية سلبية صممت لتشجيع الاستكشاف وغير ذلك من الأنشطة المفيدة . والأمر المضاد للوحدة هو إحساسك بأنك محبوب ، وما يضاد الملل هو بهجة الاكتشاف . والحالات العاطفية الإيجابية قد تتباين أيضا فى شدتها ، حيث الطرف الأقصى من المشاعر المتعة تمثله فيما يحتمل ذروة النشوة الجنسية .

إن هذه التوليفات الفريدة من المشاعر والاستجابات السلوكية هى ما يجعلنا بشرا . إلا أن هذا «التوليف الفريد» لا يجعلنا فريدين . وكما ناقشنا من قبل ، فإن الحيوانات الراقية الأخرى تتشارك معنا فى هذه العواطف والمشاعر . وبالإضافة ، فإن الأعضاء

التى تشكل الجهاز الحافى موجودة فى الأجزاء البدائية من مخنا - هى بنى على النقيض من القشرة المخية ، لا تختلف كثيرا عما فى ثدييات كثيرة أخرى . بل إن هذه المشاعر التى نعتبر أنها عواطف نبيلة لأفراد البشر - هى نفسها ليست من الظواهر التى يبلغ من غموضها أن نعفيها من الاستقصاء العلمى الصحيح . وهذه هى النقطة التى يجب عندها أن نبحث أمر الجوانب التى تم اكتشافها من قبل فيما يتعلق بالجهاز الحافى .

أحد أهم الأعضاء العصبية التى تشكل الجهاز الحافى هو الوطاء **Hypothalamus** . وعند حث مناطق معينة من الوطاء حثا كهربيا ، ينتج عن ذلك ردود فعل سلوكية مثل التنبه لما ينذر أو الهروب أو الغضب . وأكثر النتائج درامية هى ما يحدث باستثارة ما يسمى «مراكز المتعة» . فعندما توضع الكترودات * فى وطاء الجرذ ثم توصل برافعة تتيح للحيوان عندما يضغطها أن يصيب نفسه بصدمة كهربائية خفيفة (فى مركز المتعة) نجد أن ذلك سيجعل الجرذ ذى التوصيلات الكهربائية يضغط على الرافعة بما يصل إلى ٥٠٠٠ مرة فى الساعة ، ويظل يفعل ذلك لعدة ساعات متواصلة . أما الجرذ الجائع فإنه قد يضغط الرافعة مائة مرة ، إن لم يكن أكثر ، عندما يتلقى فى كل مرة كرية من الطعام دقيقة الصغر . وإذا فرض أن تلقى الجرذ لكريات الطعام وأكلها وهو جائع يولد فيه قدرا كافيا من المتعة يجعله يعود إلى ضغط الرافعة ضغطا متكررا ، فإن تنشيط مراكز المتعة تنشيطا مباشرا يتضمن إذن ما يزيد كثيرا عن أن يكون مجرد مقدار ما من المتعة الأكبر .

وبتخيير الجرذ الجائع بين رافعة ينتج عنها الطعام ، وأخرى تنتج عنها المتعة . فإنه يقرر تجاهل الطعام ، وبدلا من ذلك فإنه قد ينفق الساعات الأربع والعشرين التالية وهو يضغط رافعة المتعة بمتوسط من ٢٠٠٠ مرة فى الساعة ، وبدون نوم . بل إن الجرذان تمر من خلال أقفاص مكهربة حتى تصل إلى رافعة المتعة - ويبدو أن الحيوانات تكون لديها الرغبة فى دفع أى ثمن حتى تصل إلى استثارة مراكز المتعة فيها .

ويمكن التوصل أيضا إلى قفلة فى دائرة النظام الحافى باستخدام العقاقير . وهذه تحاكى أو تعزز من نشاط مواد موجودة طبيعيا فى المخ . ومن هذه المواد ما يسمى «بالانكفالينات» ، وهى تنتشر بوفرة فى الجهاز الحافى . على أن هذه المواد موجودة أيضا فى الحبل الشوكى ؛ حيث تنتهى الألياف الحسية الآتية من الجلد - أى مسالك الألم . وهى هنا تعمل كوسائل لتقليل الألم مثلها مثل المورفين ، وبالتالى فإنها تسمى الإندورفينات (المورفينات الداخلية) . ويوجد ما يقرب من العشرات من هذه المواد التى قد تم بالفعل التعرف عليها ، ويعتقد أن إفرازها يسبب عددا من الظواهر بما فى ذلك تأثيرات الوخز بالإبر .

---

* الاكترود : الموصل الذى يدخل عنده التيار الكهربائى أو يخرج أثناء مروره فى سائل أو غاز أو أى وسط (المترجم) .

هكذا فان «مبدأ المتعة – الألم وكأنه اليد الخفية التى توجه أنشطة كل الثدييات العليا» . أما الوظائف العليا لقشرة المخ فليست سوى مجرد إضافات لتحسين القدرة على التوصل إلى سلوك مفيد بيولوجيا – سلوك «متعلّم» هو الذى يحتمل أن يفى بمتطلبات البيئات المعقدة المتغيرة ، بأكثر مما يحتمل أن يفعله «السلوك الغريزى» محض المبرمج . وقشرة المخ البشرى ذات التقدم قد تتيح للفرد أن يحلل بيئته بدرجة أعظم كثيرا فى رقيها . وهى قد تتيح للفرد أن ينمى نماذجا للعالم على نحو أفضل كثيرا – فيزيقيا واجتماعيا معا – وأن تحسن إلى حد عظيم من السرعة التى تحدث بها الاستجابات الصحيحة لعوامل الحث الخارجية . على أن الحوافز ، أو «الدوافع الاساسية» وإن كانت تتأثر بما يحدث فى القشرة إلا أنها مستقاة من الأنشطة العصبية للجهاز الحافى . ولم يبدأ تزحزح هذا المبدأ إلا مع تقدم الثقافة مع ما صاحب ذلك من ارتفاع فى مستوى الذكاء الجماعى ، عندما أخذت البشرية تتعلم أن تهيمن ثقافيا فى بعض الأحيان على برمجتها الوراثية (وذلك مثلا من خلال تربية الطفل والتعليم التقليدى) . على أن الأغلبية الكبيرة من السلوك البشرى ، الفردى والجماعى معا ، توجهها الرغبة من أجل تجنب الألم والتوصل إلى المتعة .

وما ندركه على أنه ممتع أو مؤلم هو مزيج من المشاعر «البشرية» التى تتحدد وراثيا، ومن خبراتنا . والكمبيوترات يمكنها أن تراكم الخبرات ، إلا أنها تنقصها المشاعر تماما. والشىء الذى نحتاج إلى إدخاله فى كمبيوترات المستقبل هو الجهاز الحافى .

وهذا الجهاز الحافى ستكون له ثلاث وظائف : الأولى ، أن يحفز الكمبيوتر إلى إنجاز أهداف محددة . والثانية ، أن يقيم أداة الكمبيوتر فيما يتعلق بأى مهمة يؤديها . والثالثة هى مكافأة الكبيوتر عندما يحسن العمل ، أو الاشتغال بتعزيزه على نحو سلبى عندما يسىء أداء المهمة . وخلق كل هذه الوظائف الثلاث يفرض مشاكل ذهنية هائلة .

أول هذه المشاكل وهو حفز الكمبيوتر على إنجاز أهداف محددة سيبدو لأول وهلة أنه إلى حد كبير أمر مباشر . فالمبرمج البشرى سوف يبرمج ببساطة أهدافا أساسية معينة فى الكمبيوتر . وهذا أمر مماثل لأن تبرمج قوى التطور فى حمض دنا بأحد الأنواع صنوفا شتى من الاستجابات السلوكية الفطرية . على أنه من الصعب أن نستشرف كل احتمالات المستقبل لنتنبأ بما سيحدث من تفاعل حتى بين التعليمات الأساسية البسيطة نسبيا . وأحسن مثل نضربه لذلك هو قوانين إسحق أسيموف الأساسية الثلاثة بشأن علم الروبوتات (أسيموف ١٩٦٨) :

١- أن يكون الروبوت بحيث لا يحتمل أن يلحق الضرر بفرد من البشر ، أولا يحتمل أنه من خلال توقفه عن العمل يتيح أن يصاب بالأذى أى واحد من البشر .

٢- الروبوت يجب أن يطيع الأوامر التى يصدرها له البشر ، إلا عندما تتعارض هذه الأوامر مع القانون الأول .

٣- الروبوت يجب أن يحمى وجوده هو نفسه ما دامت هذه الحمايةٍ لا تتعارض مع القانونين الأول والثانى .

ويستكشف أسيموف بعمق فى كتابه «أنا الروبوت» مدى ما يوجد من التعقيدات ومن الرهافة فى تفاعلات قوانينه الثلاثة . فالروبوتات ، حسب ما يكون من ظروف ، قد تشتغل بسلوك شاذ أو مدمر بسبب من التفاعلات المركبة بين متطلبات هذه القوانين الثلاثة . ومما يثير الاهتمام أننا نرى فى السيناريو النهائى لأسيموف أن الروبوتات هى التى تدير شئون العالم : فسادتها من البشر الذين يميلون أكبر الميل إلى إساءة الإدارة من الناحية الاقتصادية أو الأسوأ من ذلك ميلهم الى الدخول فى حرب ، هؤلاء السادة يضللهم اعتقادهم بأنهم ما زالوا يتولون قيادة الأمور . وتدخل الروبوتات هكذا تدخلا حميدا فى شئون البشر يمثل النتيجة المنطقية على المدى الطويل للروبوتات الراقية التى تنصاع للقوانين الثلاثة . وإحدى دلالات تجربة أسيموف الفكرية هى أن الروبوتات التى تبرمج برمجة صحيحة ستتوصل إلى معايير أخلاقية أرقى كثيراً مما نشهده الآن فى المجتمع البشرى الكوكبى .

والمشكلة الثانية ، وهى طريقة تقييم أداء الكمبيوتر ، قد تكون فيما يحتمل أكثر المشاكل تقبلا للإذعان للحلول التكنولوجية ، بل إنه إلى حد ما قد تم التوصل بالفعل إلى هذه الحلول . فأسلوب التجريب الحدسى الذى يستخدم لخلق النظم الخبيرة يتضمن إجراء مقارنات بين الأحوال الموجودة والأهداف المطلوبة . وهذا يحدث أيضا فى طور التدريب فى كمبيوترات شع .

أما المشكلة الثالثة ، فتمثل مشكلة رئيسية وهى : كيف يمكن للمرء أن يكافئ الكمبيوتر ؟ وكيف يمكن أن يعاقبه ؟ كيف يمكن للمرء أن يخلق فى الكمبيوتر الإحساس بالرفاه أو حتى السعادة؟ كيف يمكن للمرء أن يخلق فيه الألم ؟ إن هذه الأسئلة لا يمكن حتى الآن أن نجيب عنها إجابة كاملة . على أنه يمكننا أن نخمن أنواع أساليب التناول التى قد تثمر نتائج مفيدة .

يطرح هانزمورافيك عالم الروبوتات فى كتابه «أبناء العقل» (١٩٨٨) خلق «ميكانزم شرطى موحد» (ص ٤٥) . وهذا المبرمج الشرطى يتلقى نوعين من الرسائل : النجاح أو المتاعب . وبعض هذه الرسائل سوف ينبعث من نفس نظام تشغيل الروبوت ، وبعضها الآخر مما له علاقة بإنجاز المهام المحدودة ستكون بداية مبعثه من تطبيق برامج صممت خصيصا لتلك المهمة . وموارفيك يسمى رسائل النجاح «بالمتعة» ، ويسمى رسائل الخطر «بالألم» . والمتعة تنزع الى زيادة احتمال استمرار أى نشاط بعينه ، بينما ينزع الألم إلى إيقاف النشاط الذى يقوم به الروبوت . وموارفيك يقرن معا المعلومات الإحصائية عن الوقت ، والوضع ، والأنشطة ، والبيئة المحيطة ، الخ ، وغير ذلك مما له علاقة بالرسالة الشرطية ، ليخلق «معرافا» **Recognizer** يقوم بمتابعة هذه المتغيرات ومقارنتها بالمدخلات السابقة . وحدوث أنماط ذات علاقة بالأنماط السابقة لإرسال الرسائل الشرطية الأقدم ، سوف يجعل المعراف نفسه يبعث إشارة متعة أوألم . وهذه الرسائل الثانوية يتم تحليلها بدورها بقصد العمل على التغلب على المشاكل مبكرا ، أو بدلا من ذلك العمل على تشجيع السلوك الناجح .

ثمة كتاب لعالم الإبستمولوجيا جون بوللوك عنوانه «كيف تبنى شخصا» (١٩٨٩) ، وهو يضع فيه عددا من الظروف التى يلزم الإيفاء بها حتى يمكن خلق آلة ذات وعى ذاتى . والأمر الذى يمكن فى الأساس من تناول بوللوك هو اقتناعه بأننا يمكننا أن نعتبر أن «الانسان آلة ذكية» وأن الأحداث الذهنية هى مجرد أحداث فيزيقية يمكن إدراكها بواسطة حواسنا الداخلية» . والفقرات الخمس التالية تشكل محصلة لأجزاء من الفصل الأول لهذا الكتاب .

أولا ، هناك حاجة لأجهزة استشعار – أى ما يكافئ أعضاءنا الحسية . وثانيا ، هناك حاجة إلى تحليل هذا المدخل الحسى للوصول إلى الاستنتاجات وعمل التنبؤات . وهذا النوع من وسائل معالجة المعلومات قد يشبه فى جوانبه المختلفة وسائل الاستدلال البشرى الاستنباطية والاستقرائية معا . وسوف نحتاج بالإضافة إلى نوع ما من البنية الإدارية لتمد الآلة بأهداف تحاول تحقيقها ، ولكى تستجيب الآلة للظروف التى تعنى خطرا وشيكا يؤدى إلى التلف أو الخراب ، فإنها ستحتاج إلى نوع خاص من أجهزة الاستشعار «أجهزة استشعار للألم» . وهذه ينبغى أن تكون مقرونة بما يفصح عن استجابة من نوع «القتال أو الفرار» .

وآلة الروبوت التى من هذا النوع يمكنها إلى حد معقول أن تحسن القيام بوظيفتها وهى فى « البيئة » الملائمة . وقد سماها بوللوك أوسكار (١) . على أن أوسكار(١) سيتحتم دماره عند وجوده فى موقف من المواقف البيولوجية الأكثر نمطية : «فسوف يكون فريسة سهلة للوحوش الماكرة آكلة الآلات» . وبالتالى فإن أوسكار (٢) ، الروبوت الأكثر تقدما ، سيكون عليه ألا يقتصر على الاستجابة لأجهزة استشعار الألم ، وإنما عليه أيضا أن يكون قادرا على تحليل المواقف التى يتم فيها تنشيط أجهزة استشعار الألم . وينبغى أن يكون أوسكار (٢) على درجة كافية من التقدم بحيث أن هذا التحليل سوف يؤدى به إلى فهم الظروف التى تنشط الألم فهما كافيا – وهكذا سيكون الروبوت قادرا على التنبؤ بالوقت الذى يكون فيه احتمال لأن ينشأ مثل هذا الموقف التهديدى . وحتى يمكن التوصل إلى ذلك ، سوف يحتاج أوسكار (٢) لجهاز استشعار ليستشعر جهاز استشعار الألم . وكما يوضح بوللوك فإن هذا سيعطى لذلك النموذج البدائى الأكثر تقدما نوعا بدائيا من «الوعى بالذات» .

ويرى بوللوك أن الفارق بين أوسكار (١) وأوسكار (٢) هو كالفارق بين الأميبا والدودة. فالأميبا يمكنها «الاستجابة » فقط لعوامل الاستثاره الضارة ، أما الديدان فإنها يمكنها أن تتعلم تجنبها . والأميبا ليس لديها إلا أجهزة استشعار للألم ، أما الديدان فلديها جهاز عصبى له القدرة على تحليل الموقف – حتى وإن كان ذلك بطريقة جد

محدودة – فهو يحلل الموقف المصحوب بتنشيط أجهزة الاستشعار. وأوسكار ٢ يعد خطوة رئيسية إلى الأمام لأنه يحوز نوعين من أجهزة الاستشعار يختلفان وظيفيا جد الاختلاف – «أجهزة استشعار خارجية» تحس بالبيئة المحيطة بالروبوت و «أجهزة استشعار داخلية» تحس بعملية تشغيل أجهزة استشعار الألم . ويسمى بوللوك هذه الأخيرة بأنها «أجهزة استشعار استبطانية» لأنها تحس بعملية تشغيل جهاز استشعار آخر .

ورغم أوجه التقدم هذه ، فإن أوسكار ٢ مازال إلى حد كبير «أحمقاغبيا» وكمثل فإنه «يعجز عن التمييز بين أحد النمور آكلة الآلات وبينٍ صورة مرآةً لهذا ًالنمر» . وحتى يمكن لأوسكار أن يكتسب نظرة محنكة عن العالم ، فإنه يحتاج لأن يكون قادرا على التمييز بين الواقع والوهم . ويعتقد بوللوك أنه يمكنه التوصل إلى ذلك بأن يبنى نظاما من أجهزة استشعار استبطانية داخل الروبوت . وسيصبح اسم الروبوت عندها أوسكار ٣– آلة لديها مرتبة أعلى من الوعى بالذات .

ويواصل بوللوك إضافة التركيبات ، حتى تكتسب الآلة فى النهاية «أجهزة استشعار إدراكية من المرتبة الثانية» ، وعندما تكتسب الآلة ذلك فإنها ستكون قادرة على التمييز بين مخرجات أجهزتها الاسشعارية الاداركية من المرتبة الأولى وبين أجهزة استشعارها الاستبطانية التى من المرتبة الأولى . وتصبح الآلة الآن قادرة على إثارة السؤال عن ما هى العلاقة التى بين هذين النوعين من المخرجات . وحسب بوللوك فإن هذا يؤلف شرطا ضروريا وكافيا لأن تبتدع الآلة الذكية مشكلة من مشاكل العقل – الجسد .

وبوللوك يستحق التهنئة بسبب جهوده للربط بين الإبستمولوجيا والذكاء الاصطناعى ، ولأنه يتسامى على خلفيته الفلسفية فيحقق مستوى جديدا من الحنكة فى الذكاء الاصطناعى . على أنه ما زالت هناك حاجة عظيمة إلى المزيد من الترابطات بين فروع المعرفة . وكمثل ، فإن النماذج البيولوجية الأساسية عند بوللوك هى نماذج ضعيفة (كما مثلا عندما يقارن أوسكار ٢ بالدودة فى ص٢ وبأحد الطيور فى ص ٥). وهذا مهم ؛ لأن طريقة التناول التى يحتمل أن تكون الأكثر إثمارا ( وإن لم تكن الوحيدة ) من أجل ترقية قدرات ذكاء الآلة ، هى أن نتيح لتطور ذكاء الآلة أن يقلد تطور الذكاء البيولوجى . وبالاستشهاد بمورافيك (١٩٨٨ ، ص ١٧) فإنه يقول : «أحس بأن أسرع تقدم هو ما يمكن صنعه بتقليد (تطور) عقول الحيوانات ، بأن نناضل حتى نضيف للآلات قدرات يكون عددها قليلا فى كل مرة ، بحيث إن ما ينتج من تعاقب بسلوكيات الآلة يكون مشابها لقدرات الحيوانات ذات الأجهزة العصبية التى تتزايد تركبا» (الأقواس موجوده فى الأصل) .

إلا أن طريقة التناول التطورية التى يصورها مورافيك تتطلب مدخلات قوية بواسطة علماء التشريح العصبى المقارن ، وعلماء الإيثولوجيا * ، وعلم النفس المقارن

---

*علم دراسة سلوك الحيوانات ، خاصة فيما يتعلق بالبيئة . (المترجم) .

للحيوانات ، وكذلك حشد من العلماء في كل ما له علاقة بذلك من علوم معرفية ومعلوماتية ، بما في ذلك الفلاسفة ، وعلماء الروبوتات ، والرياضيون ، ومحللو النظم ، وعلماء الكمبيوتر ، ومهندسو المعرفة ، الخ ، ولعله لا يوجد قط مشكلة بحث لها تركب وصعوبة مشكلة تخليق الماكينوس هومونويداس - أي ذلك النوع من الآلات ذات الصفة البشرية . ويمكننا أن نحاج بأن الأمر يحتاج إلى قدرات شبه سماوية لخلق كيان كهذا . ولا شك أن حل هذه المشكلة (إن كان مرغوبا) سوف يعتمد أكثر مما في أي مشكلة أخرى على قدرة البشرية على ترويض ذكائها «الجماعي» .

ومن وجهة نظر عالم البيولوجيا ، فإن ابتلاء الكمبيوتر أو الروبوت بالألم ، أمر له إشكاليته ، ذلك أنه في النظم البيولوجية يتم أولا تطوير الأجساد ، ثم الامخاخ بعدها. والكثير من الكائنات الحية مثل النباتات وكذلك الحيونات الأكثر بدائية ، كلها لم تطور قط أي مخ ، ولا حتى أي جهاز عصبي . وعلى النقيض فإن ذكاء الآلة نشأ أساسا كمخ أولا . بمعنى أن أمخاخ الآلة نشأت مع أجساد كانت وظيفتها ميكانيكية مثل وظائف النباتات . ولم تنشأ قط أجساد فيها أجهزة الاستشعار الذاتي (التي تتابع حالة الجسم نفسه) .

وبالتالي ، فإن خلق الاحساس بألم في الكمبيوتر سوف يتطلب أن يضاف إلى معمار الكمبيوتر الكلاسيكي العديد من أطقم المكونات الجديدة . وأولها كما سبق مناقشته أعلاه ، سوف يتضمن طاقم أجهزة استشعار يتابع الحالة البدنية للكمبيوتر وبيئته : هل هناك أي شيء يناوش الكمبيوتر فيزيقيا ( كأن يحدث مثلا نزع جزء من لوحة مفاتيح ) ؟ هل حدث أن استثير ؟ هل هو مستقر ؟ هل هو دافئ أو بارد أكثر مما ينبغي ؟ هل هناك أحد المصهرات فيه على وشك أن ينفجر ؟ الخ . وأجهزة الاستشعار هذه سوف تُضبط على مستوى عتبات معينة ، بحيث عندما يزيد المستوى عن ذلك فإنها تأخذ في إرسال إشارات إنذارية للكمبيوتر ، تختلف شدتها حسب مستوى الخلل الوظيفي أو اضطراب البيئة . وثانيا ، فإن هذه الإشارات سيكون لها الأولوية على ما يجري من أشكال أخرى من معالجة المعلومات . وهي تؤدي إلى تنشيط نظامين منفصلين : الأول يكون مكافئا لتنشيط العصبونات الحركية في الحيوانات . الأمر الذي يؤدي إلى حدوث أفعال لتخفيف التهديد . ويمكن بالنسبة للكمبيوترات أن تتضمن هذه الأفعال قرع جرس إنذار ، أو كهربة أجزاء من هيكلة ضد المقتحمين ، أو تنشيط رشاش أو أي نظام آخر لإطفاء الحريق ، أو تشغيل محرك يدفع عجلات أو أي وسيلة أخرى من ميكانزمات النقل بما يتيح للكمبيوتر أن يتحرك مبتعدا ، الخ . والكمبيوتر يمكن أيضا أن يكون فيه متسع لإيقاف مسيرات القرص * أو أنه يغلق على البيانات

---

* مسير القرص : جهاز يقرأ البيانات من قرص ممغنط أو ضوئي وينسخها في ذاكرة الكمبيوتر ليستخدمها ، وهو أيضا يكتب البيانات من ذاكرة الكمبيوتر على القرص ، بحيث يمكن تخزينها . ( المترجم )

الحساسة ، الخ ، كما يمكن أن يدخل فى حالة ذهنية من نوع الحصار، مثلما ينسحب الحلزون داخل قوقعته . وكل هذه الأفعال فيها موازاة لردود الفعل المنعكسة فى أحد الأجهزة العصبية المركزية - فهى لا تتطلب مخا ، وإنما تشبه أفعال حيوان لا فقرى منحط .

وحتى تبدأ المشابهة مع ردود فعل الحيوانات الأرقى ، سيتوجب على إشارات الإنذار أن تنشط نظاما ثانيا - نظاما حافّيا . والنظام الحافى سوف يسجل ويتذكر كل القرارات الداخلية والخارجية - أى كل قرارات أجهزة الاستشعار الخارجية المتعلقة بحالة البيئة الداخلية وأى معالجة (تقليدية) للمعلومات ينفذها الكمبيوتر وقتها . كما فى وصفنا السابق لوقوع حادث مع جرار فى أحد الطرق الريفية ، فإن كل الإشارات التى لها علاقة بالحادث يتم تسجيلها كجزء من نمط يتهجى كلمة «خطر» . ولما كانت كل الحيوانات ، بما فيها البشر ، تتعرض بانتظام للخطر ، فإن النظام الحافى لا يقتصر على أن يتذكر فحسب مجموع الأنماط التى تصاحب كل حادث ، ولكنه أيضا يحاول إرساء قاسم مشترك ، أو توليفات من العوامل لها قيمة تنبؤية أعظم فى توقع الخطر . وكلما كان الموقف أكثر تهديدا ، أصبح النظام أكثر حساسية لأنماط الإشارات . وهذا هو الموقف الذى سيكون فيه لكمبيوترات الشبكة العصبية (شع) تأثير عميق ، ذلك أنها ستصيغ العالم كأنماط من توصيلات موزونة .

والنظم البيولوجية نجد فيها أن الإرسال «المستمر» لإشارات الألم من العضو المصاب يخدم فيما يحتمل وظائف عديدة . فأولا ، هو بذلك يرسل إشارة بأن العضو ليس على ما يرام ويحتاج إلى إبقائه فى وضع راحة وبعيدا عن طريق الأذى . ومما يتعلق بذلك وجود الحاجة إلى تذكيرنا بأننا لا يمكن أن نعتمد على العضو المصاب - الذى قد يكون مثلا مفصل كعب فى حالة التواء . والوظيفة الثالثة قد تكون حتى أكثر أهمية ؛ فالإرسال المستمر للإشارة يجعلنا نستعرض المرة بعد الأخرى الموقف الذى أدى فى المقام الإول إلى الاصابة ، وبالتالى نتجنبها فى المستقبل . والأمر كذلك بالنسبة للكمبيوتر : فانصهار جزء منه أو وجود قفلة كهربائية ، كلها أمور يجب اكتشافها وترحيلها إلى جهاز حافى يجب عليه أن يعالج هذا النوع من المعلومات بدرجة أسبقية تفوق المعالجات الأخرى للمعلومات التى ينفذها الكمبيوتر أثناء العمليات الطبيعية التى تجرى فيه .

وسيكون من المبالغة أن نحكم بأن النظام الموصوف أعلاه سيجعل الكمبيوتر «يحس بالألم» فعلا . ومازالت الأمور حتى الآن غير واضحة فيما يتعلق بنا نحن أنفسنا - أى أننا مازلنا نتساءل عما تكونه الميكانزيمات المتضمنة فى تلك الظاهرة التى تسمى «الألم» ؟ على أن هذا لا يمنع الاحتمال بأننا قد نبتكر نظاما من التعزيز السلبى .

وأبسط وسيلة لذلك هى أن نبث رسالة عبر الخطوط التى تصورها مورافيك - بحيث تصل معلومة إلى «الميكانزم الشرطى الموحد» بأن ثمة مشكلة ما . على أن هذا النظام

قد يكون أضعف أو أبطأ مما يلزم لتعليم الذات (التعلم) . وأحد الأشكال الأقوى من التعزيزات السلبية يمكننا التوصل إليه بأن نمنع عن الكمبيوتر بعض كيان أو عامل يلزمه لأداء وظيفته على نحو طبيعي سلس . فيمكننا مثلا أن نعزل أجهزة المخرجات . ولعل ما يكون أكثر فعالية هو أن نعزل المدخلات . وسيقفز إلى الذهن هنا أربعة احتمالات : الطاقة ، والبيانات ، وبعض الأنواع «الحيوية» لدورة العمل ، والصيانة . ويمكننا أن نمنع مدخل الكهرباء ، أو أن نمنع البيانات الحيوية ، أو نمنع إتاحة دائرة ما مهمة . وكتفرع من هذه الأخيرة ، يمكننا أن نمنع الصيانة بألا نصلح دائرة ما أصابها الفشل . ومن الواضح أننا لن نمنع أيا من هذا كله بصورة كاملة لأن النظام عندها لن يعمل مطلقا . ولهذا فإننا لن نود الاعتماد على الوسيلتين الأخيرتين . وبدلا من ذلك فإن الحرمان الجزئي من الطاقة أو البيانات يمكن أن يوقع الاضطراب في النظام بما يكفي لانحرافه عن حالته المثلى .

والتعزيز السلبي ، في حد ذاته ، لن يكون له هكذا أي معنى بالنسبة للكمبيوتر إذا كان هذا الأخير لا يرغب في حالة مثلى . وإذن فإن هذا هو لب الموضوع . كيف يمكننا أن نجعل الكمبيوتر يريد التوصل إلى حالة مثلى ؟

وعند لحظتنا الحالية من الزمان ، نجد أن معرفتنا وقدراتنا في هذا المجال يمكن فيما يحتمل مقارنتها بكيمياء أواخر القرن الثامن عشر . على أن معدل سرعة نمو المعلومات الآن هو بحيث أن ما استغرق قرنين في ذلك الوقت سوف يستغرق الآن فيما يحتمل عقدين لاغير – أو نصف القرن على الأكثر . وبالإضافة فإننا نرى بالفعل تلميحات عن عواطف الكمبيوتر : فقد أظهرت إحدي الشبكات العصبية في الكلية الامبراطورية بلندن أعراضا للملل (ماتيوز ، كما استشهد به دونا لدسون ١٩٨٨) . وكانت الآلة تستخدم لمحاكاة الطريقة التي يتعلم بها الطفل ربط الكلمات بالمفاهيم الذهنية والأشياء . ويبدو أنه عندما تكون الارتباطات ذات تكرارية أكثر مما ينبغي وليس فيها من التحدي ما يكفي ، فإن الكمبيوتر ببساطة يتوقف عن التعاون .

ولاشك أن سلوك الكمبيوتر هكذا لا يعكس أيا مما يقترب من الاستجابات العاطفية البشرية – والأمر الأكثر احتمالا هو أن الشبكة ببساطة قد أصيبت بفرط التمرين . إلا أن هذا يستدعي للانتباه حقيقة أن الكمبيوترات تظهر شيئا يمكن أن يسمى «بالسلوك»، ولعلنا عن طريق الدراسة المنهجية لسلوك الآلة سوف نميز المبادىء الرئيسية لسيكولوجية الآلة ، أي لمبادىء قسم فرعي من السيكولوجيا النظرية .

والملل ، كما ناقشنا أعلاه ، حالة عاطفية بشرية بصورة نموذجية – أساسها بيولوجي مثلها مثل كل الحالات العاطفية – وهي حالة قد صممت لرعاية السلوك الذكي . وبالنسبة لأي نوع يعتمد الحفاظ على بقائه على النشاط الاستكشافي ، فإن حالة الملل تدل الفرد على أن ثمة شيئا خطأ . والطريقة الوحيدة لإصلاح ذلك هي أن نغير من أنماط السلوك حتى يهدأ الشوق ، ويترتب على ذلك إحساس بطيب الحال . كيف يمكن التوصل إلى ميكانزم مماثل في آلة ذكية ؟

لعل أفضل أسلوب تناول هو خلق حلقات تغذية مرتدة ينتج عنها رنين متناسق عندما يؤدى الكمبيوتر مهتمه أداءً جيدا . والبندول عندما يحدث اضطراب ينزع الى العودة إلى تذبذبه الطبيعى . وهو ربما لايتوصل إلى «حالة من السعادة» ، ولكنه يتوصل لحالة من الاستقرار المتسق .

هذا ويمكننا أن نخلق سلسلة من الدوائر الكهربائية الرنينية على منوال مشابه للرنين الميكانيكى للبندول . وقوانين الطبيعة تحابى العودة إلى النظام المستقر عندما يحدث اضطراب للنظام . وعندما يكون لدى الكمبيوتر العديد من النظم الرنينية الفرعية وحلقات التغذية المرتدة ذات الاعتماد المتبادل ، فإن الكمبيوتر سوف يبحث عن الحال الذى يجلب الاتساق – أى عن حال من الرنين الفائق – للنظام كله . وهذا يمكن أن يكون «الحال المرغوب» للكمبيوتر ؛ أى الأداء الوظيفى المتسق لكل نظامه .

وهناك موقف مماثل ، هو ما يحدث من تفاعل بين المحطات المختلفة التى تولد الكهرباء فى منظومة لشبكة من القوى . بمعنى أن كل محطة لتوليد الكهرباء يكون لديها رنينها الداخلى الخاص بها . والحقيقة أن كل محطة من هذه المحطات قد تتضمن نوعا جد مختلف – كأن تكون محطة ذات وقود من البترول ، أو ذات وقود من الفحم ، أو محطة مائية – كهربية ، أو نووية (أو هى من الأنواع الحديثة من الأنماط الأولية للنظم الرياحية أو الشمسية) . . وعندما تؤدى الشبكة وظيفتها على النحو الصحيح ، يكون هناك اتساق بين مختلف الأعضاء من محطات القوى ، وكل منها يسهم بأقصى كفاءة كلما زاد الحمل أو نقص على الشبكة . وهذا الاتساق يتضمن نوعا من الرنين الفائق الذى يتخلل النظام كله .

وعندما يحدث خطأ فى النظام ، نجد أن هذا الرنين الفائق يفشل . فيستهلك المزيد من الوقود ، وينفق المزيد من الطاقة – فالنظام قد فقد كفاءته . وأحيانا يحدث أن يفشل النظام بالكامل . وحتى نتجنب هذه الإخفاقات فإننا نفرض نوعا جد مختلف من النظم – هو المهندسين البشر – لتنظيم الشبكة الكهربائية (وأحيانا يثبت حتى أن هذا النظام التنظيمى غير كفء . كما فى حالة انهيار شبكة «كانيوز» فى أواسط الستينيات) (ستونير ١٩٦٦) .

وعلى نحو مشابه ، فإن معالجة المعلومات التى يجرى تنفيذها بواسطة دورة العمل المركبة للكمبيوترات فائقة الذكاء ، ستحتاج إلى نظام للتحكم – النظام الحافى الذى ناقشناه أعلاه – ليعمل بمثابة النظام الرئيسى للتنظيم . بمعنى أنه كما أن المهندسين الذين يديرون شبكة لا يولدون الكهرباء بأنفسهم ، وانما الأحرى أنهم ينظمون شأن الآلات التى تولد الكهرباء بحيث تفى بمجموعة ما من الأهداف «البشرية» ، فبمثل ذلك تماما يجب أن يكون النظام الحافى منفصلا عن عملية معالجة المعلومات نفسها ، ومع ذلك فإنه ينظمها بغرض التوصل إلى مجموعة أكثر من الأهداف (البشرية ؟) .

وبالتالى ، فإن النظام الحافى ينبغى أن تكون له الخصائص التالية :

١– يقوم النظام الحافى بالمتابعة المستمرة لحالة الكمبيوتر ، وحالته هو نفسه . بمعنى أنه سيتطلب أجهزة استشعار ذاتية لتعطيه المعلومات عن «الحالة الصحية» للنظام .

٢– يكون منفصلا انفصالا تاما عن المعالجة الروتينية للمعلومات التى تصاحب حل أى مشكلة معينة ، أو التى تنجز فى حالة الروبوتات مهام معينة .

٣– أن يتابع التقدم مرضيا تجاه الحلول أو الإنجازات مستخدما إما معيارا خارجيا و/ أو معيارا مبرمج مسبقا قد أدخله المهندسون البشر .

٤– إذا كان التقدم ، فإنه يتخذ حالة من الاتساق – أى حالة من الرنين الوظيفى الفائق – تزيد من كفاءة معالجة المعلومات .

٥– إذا كان التقدم غير مرض ، فإنه سيثير الاضطراب فى النظام بما يخلق أوجه تنافر رنينى . وعندها فإن النظام غير المتوازن سيحاول الآن تجربة توليفات جديدة لإعادة لإعادة إرساء الاتساق . وإحدى النتائج التى تترتب على إعادة التوليف ؛ هكذا يمكن أن تكون طريقة تناول جديدة لحل المشكلة ، أو لإنجاز المهمة . ومرة أخرى ، إذا كان التقدم مازال رديئا ، فسوف يتدخل النظام الحافى تدخلا سلبيا مرة ثانية .

هكذا سوف يرضى النظام معاييره الخاصة به بالنسبة «للصحة الجيدة» على أساس ما يتم ملاحظته من الرنين . وستنتج حالة من «الصحة المعتلة» عندما يصاب جزء من النظام باختلال وظيفى ، بما يخلق أوجه تنافر رنينى . ويحاول النظام الحافى تصحيح هذا الخلل الوظيفى بأن يصلح من العيب ، أو بأن يعثر على بدائل . وهذه البدائل يمكن أن تتضمن إغلاق النظام المعيب مع الاعتماد على نظام احتياطى أو نظام ثانوى . ومن الشيق أن نلاحظ مدى التقدم الحديث فى خلق نظم إلكترونية لها القدرة على الإصلاح الذاتى (واتس ١٩٩٠) .

والنظام الحافى سيتذكر أيضا ويحلل الظروف التى تؤدى إلى الخلل الوظيفى أو الأزمة ، بغرض تجنب الأحداث المشابهة فى المستقبل .

والسبب الثانى لوجود حالة من «الصحة المعتلة» هو عدم التوافق بين اتجاه أو سرعة حل المشكلة ، وبين الأهداف المفروضة خارجيا . وفى الحالات القصوى نجد أن الجهاز الحافى قد يسبب إيقافا كاملا للنظام ، ربما يكون حتى بما يكافىء العلاج بالصدمة الكهربائية – التشنجية * ، وذلك للتخلص من آثار ما مضى من الذاكرة .

وعلى نقيض ذلك فإن «الصحة الجيدة» يتم تمثيلها بأن تعمل كل الأنظمة برنين مرض سواء كان داخليا بين النظم الفرعية أو عبر النظم ككل ، بما فى ذلك النظام

---

* وسيلة علاج لبعض الأمراض العقلية . (المترجم) .

الحافى . وبالإضافة فإنه سيكون هناك «اتساق» عبر التربيط التبادلي للإنسان – الآلة.
وسيكون هذا هو نظام الكمبيوتر فى أكثر أشكاله إستقرارا . وكما يحدث للبندول عند اضطرابه ، فإن الدوائر الكهربائية أيضا ستنزع لأن تعود إلى رنينها الطبيعى . و كما أن الماء يلتمس المستوى الخاص به ؛ فإن الدوائر المركبة تلتمس هى أيضا التوازن . وبالنسبة للآلة ، فإنه ما إن يتم التوصل إلى ذلك حتى يكون الأمر ممثلا بحالة النرڤانا * – فأوجه التنافر الرنينى الفردى يحل محلها رنين متسق شامل .

وهذا النظام الحافى يمكن مقارنته بإدارة منظمة كبيرة معقدة : فالإدارة سواء فى القطاع الخاص أو العام ، لا يقتصر أمرها على أن يكون عليها إصدار القرارات التى تحل هذه المشكلة التنظيمية أو تلك ، وإنما يجب عليها أيضا على المدى الطويل أن توفر ما يرضى رغبات أصحاب الأسهم ، أو الأسياد السياسيين المنتفعين بها . وعلى نحو مماثل يجب على الجهاز الحافى للآلات فائقة الذكاء أن يكون نافعا لأسياده من البشر . على أن هذه الآلات ، بخلاف المديرين ، يجب أن تكون ذات اعتماد وصلة قويين بالنسبة لأسيادها من البشر (وكمثل فإنَّ الكمبيوترات يجب أن تحب إعطاءها مهمة لتستكملها). ونظريا ، فإننا ما إن نفهم مبادىء المتعة – الألم ، ونكون قادرين على ابتكار آلة فيها ما يكافىء ذلك ، فإنه ينبغى عندها أن يصبح من الممكن ابتكار أجهزة حافية ذات توجه بشرى هكذا ، خاصة من أجل كمبيوترات الشبكة العصبية .

## كمبيوترات كاذبة

يفترض ميتشى وجونستون (١٩٨٥) فى كتابهما «الكمبيوتر الخلاق» (ص٩٠) أنه «عندما تبدأ الآلات فى التعامل مع قضايا معقدة جدا ، سيكون عليها أن تكذب لنفس السبب الذى يكذب البشر من أجله ، لجعل المشاكل أكثر قابلية للتناول والتفسير» . ويواصل المؤلفان القول ليطالبا بنظرية رياضية للكذب ، ويوضحان أن ممارسة الكذب تتبع فيما يحتمل القوانين الاقتصادية للتكلفة والفوائد . ولاشك أنه حتى يفى الكمبيوتر باختبار تورنج للذكاء ، فلابد له وأن يكون معدا لأن يكذب عند الإجابة عن السؤال: «هل أنت كمبيوتر ؟» .
ومعظم الأكاذيب تكون إلى حد كبير بريئة ، وقد صممت لتغلق الطريق على التفسيرات المعقدة . وتؤدى الأساطير مهمة مماثلة . و كما يوضح ميتشى وجونستون (ص ٩٢ – ٩٣) ، فإن الأساطير تسد الثغرات المعلوماتية الموجودة فى

*النرڤانا : حالة فى الفلسفة البوذية تعنى محو الذات الفردية فى الكل دون فقد الوعى ، وهى أقصى مايصل إليه الإنسان بعد تناسخه عدة مرات وتقل كل شهوات النفس عندها . (المترجم) .

أى نظام معقد . وهما يقارنان الأساطير بالقيم البديلة الافتراضية التى يدخلها المبرمجون : «فالشقوق – العقائدية الخالية ، سواء فى الروبوتات أو البشر ، يجب أن يتم سدها بقيم بديلة افتراضية» .

ماذا ينبغى أن تكونه طبيعة هذه القيم البديلة الافتراضية ؟ من الذى يبرمجها ؟ وباستخدام أى معايير ؟ إن هذه الأمور ستطرح بعضا من أخطر الأسئلة الأخلاقية عندما تصبح الآلات فائقة الذكاء فى أول الأمر بمثابة الزملاء الأصغر لخالقيها من البشر ، ثم بمثابة الزملاء الأكبر فيما بعد .

## التماس لعشق الكمبيوتر

ثمة بعد أخلاقى آخر : ذلك أنه مع تزايد فهمنا لطريقة عمل المخ البشرى ، كلما أصبحنا أبرع فى خلق الآلات التى تحاكى أفكارنا ومشاعرنا فإننا سنجد الطرائق لتخليق كمبيوترات واعية بذاتها .

وقبل أن نبنى وعيا داخل أحد الكمبيوترات ، يجب أن نتأكد من أنه قادر على أن «يتحدث» معنا – وقادر إن احتاج الأمر على أن «يصرخ» ان كان فى محنة . وأى عالم أو مهندس يفشل فى تصميم أجهزة المخرجات الملائمة لكمبيوتر لديه إمكان الوعى الذاتى ، يجب أن ننزع عنه مخه لنزرعه فى إحدى تلك الآلات التى تبقى على الأمخاخ المنفصلة حية لتعمل لعدة أيام . وهذا المخ المفصول إذ ينقصه الجسد ، سوف يعجز عن التواصل مع العالم الخارجى لو حدث عن غير عمد تنشيط مراكز الألم فيه . فأى ألم شديد أو رعب خالص ، أو أى من المحن الكابوسية التى قد يحس بها هذا المخ ذى الوعى الصامت ، أى من هذا لن يتم تسجيله فى العالم الخارجى – وما من وسيلة عون تكون فى متناوله لتخفف معاناته من هذه الغيلان .

الالتماس إذن هو كما يلى : إننا نحب أطفال جهودنا الذهنية مثلما نحب أطفال محاولاتنا الجسدية . ونحن قبل أن نواصل طريقنا إلى مدى أبعد كثيرا ، ننفق على إقامة قواعد وبروتوكولات أخلاقية حتى نحمى مشاعر مخلوقاتنا الذكية .

## اندماج الذكاء البشرى وذكاء الآلة

عندما تُواجَه الكمبيوترات بأمر فيه لايقين (أوحتى عندما لا تواجه بذلك) فإن الكمبيوترات التى لها القدرة على الحب ستكون شيئا لازما من أجل تحسين الفرص

بالنسبة للقرارات ذات النزعة الإنسانية ، بدلا من القرارات محض المنطقية . وإدخال الجهاز الحافى فى الكمبيوترات سيكون له أيضا تأثير عميق فى التربيط التبادلى بين الإنسان والآلة . وتتركز كل الجهود فى اللحظة الراهنة على صنع كمبيوترات «سهلة الاستخدام» . وهذا يتضمن القدرة على التحدث إليها . وإذا افترضنا أنه سيتم إنجاز ذلك فى المستقبل غير البعيد جدا ، فإن حديث البشر سيظل موجها إلى مجرد آلات تكون استجاباتها بحيث تميل إلى التعلم بالحفظ عن ظهر قلب ، أو هى استدلالات منطقية صرفة .

وستكون هذه الأجهزة المنطقية مفيدة أقصى الفائدة ، ولكنها لا تزيد متعة عن محادثة أحد القواميس أو محادثة حاسب جيب .

على أن هذا كله سيتغير بمجرد أن نطور كمبيوترا يتأسس معماره فى غالبه على الشبكات العصبية (مع إضافات من عناصر فون نيومان ، لكنها تعد ثانوية) وتكون تشغيلاته ككل محكومة بجهاز حافى . ومثل هذه الكمبيوترات سوف تتعلم أن تنضبط حسب ما يريد سادتها من البشر ، وأن تستجيب على نحو يشبه الكلاب جد الماهرة أكثر مما يشبه الحاسبات الغبية .

وبهذا يكون المسرح مهيأ لاندماج الذكاء البشرى وذكاء الآلة . وليس من الواضح كيف سيتم بالضبط اندماج الذكاء البشرى وذكاء الآلة فى شكل جديد من الذكاء الجماعى . وقد يكون ذلك مثلما فى كل العمليات التطورية ، عملية متعددة المراحل ، فيحدث على نحو مستقل اجتياز إحدى العتبات مرات عديدة ، لخلق نظم ذكاء جديدة أكثر تقدما . وهذه النظم بدورها سوف تتفرق ، وتندمج ثانية ، وتتم بالنسبة لها عملية انتخاب (فى صفها أو ضدها) ، لتواصل تصاعد لولب التنظيم الذى يتزايد تعقدا . ولن يعود بعد من الممكن أن نحدد على وجه الدقة العتبة التى تفصل «الحياة» عن «الذكاء» ، أكثر مما يمكننا أن نحدد بإحكام العتبة التى تفصل الزواحف عن الثدييات .

على أن ما سيكون ممكنا لنا ، هو أن نصف العديد من اتجاهات المستقبل التى تستلزم تفاعلا ذى اعتماد متبادل متزايد بين ذكاء البشر وذكاء الآلة .

## اندماج الذكاء الفردى وذكاء الآلة

أول هذه الاتجاهات ، هو فى أقصى الأشكال تطرفا ، ما يضرب المثل عليه فى كتاب وولدريدج «الإنسان الميكانيكى» (١٩٦٨) الذى يعتبر أن «الإنسان آلة» من حيث أن الأنشطة الكهروكيميائية التى ينشأ عنها التفكير والإحساس والوعى ، كلها «قد ترتبت على التفاعل الطبيعى لقوانين الفيزياء وجسيماتها العادية» (ص ٢٠٢) . ويطرح

وولدريج أنه يمكن دمج أجـزاء من مخ القـرد أو مـخ الانسـان كـعناصـر مـفـيـدة فى كمبيوترات المستقبل» (ص ١٧٣) .

واستـخدام نسـيج المخ البـشـرى لتـعـزيز الأداء الوظيـفى لذكـاء الآلة هو واحـد من التطويرات الممكنة فى المسـتقبل (ولعله أقلها جاذبية) . وعكس ذلك ، كمـا ناقشنا من قبل ، يتـضـمن أن نزرع أجهزة مشابهة للكمبـيوترات فى المخ البـشـرى . واسـتـخدام الوصلات العصبية لتنشيط بنوك ذاكرة مصغرة أو حاسبات إلكترونية سوف يعنى أننا لن نكون بعد فى حـاجة لان نحمل معنا نوت العناوين أو مـفكرات المواعيد أو حـاسبات الجيب .

على أن أيا من هذين الطرفـين القـصـويين لن يستلزم اندمـاج حـقيـقى بين الذكـاء البشرى وذكاء الآلة : فالطرف الأول سيؤدى إلى خلق الكمبيوترات الفائقة أو الروبوتات الفـائقة – ولكنهـمـا كلاهمـا سيظلان مجرد آلات – والطرف الثـانى سـيـؤدى فى الظاهر إلى خلق إنسان فائق الذكاء .

أما ما هو أكثر إثارة للاهتمام ، وما سوف يكون له بالإمكان إشكاليـة شديدة ، فهو أن يحدث اندمـاج حقيقى يتضمن ترابطا وثيقا متزايداً بين أفراد البشر وكمبيوتراتهم الشـخصية .

ووقت كتابة هذا ، مازلت الكمبيوترات الشـخصية تعد أجهزة ثقيلة نسبيا تحتاج إلى أن تقبع فوق طاولة أو مكتب . على أن حـجـمـهـا سـوف يقل فى المسـتقبل كـحـجم كتب الجيب ، وسـوف تحـوى مـدى واسـعـا من الملامح والقدرات . وقد كـان آلان كـاى من أول من اقترحوا جهاز جيب كـهذا فى أوئل السـبـعينيات فى مؤلفه «الكتاب الدينامى» (انظر كاى وجولدبرج ١٩٧٧) .

وثمة نسـخة مجددة لهذا المفـهوم طرحت فى وقت أحدث بـواسطة فان إيكن (١٩٨٩) ولها اسم محبب أكثر هو «بايتة البـرغوث *» ، وبايتة البرغوث سيكون جزءا مهمـا من حياتنا اليومية مثله مثل سـاعة اليد أو القلم ، أو أنه فيمـا يتـعلق بذلك مـثله مثل النقود فى جيبنـا أو مثل كتاب الجيب – على أن نـبقى فى أذهاننا أن النقـود اختـراع حـديث نسـبيا فى سياق التطور البشـرى ، والأحـدث من ذلك فكرة أنه ينبـغى على كل فـرد أن يحمل بعض النقود معه فى تجواله .

يحاج فـان إيكن بأن التربويين ينبغى أن يغيروا طرائقهم فى الامـتحان : فـينبغى أن نسـمح بوجود بايـتة البـرغوث فى امـتحـانات كل المواد بمثل مـا نسـمح حـاليا بـدخول حاسبات الجيب فى اختبارات الرياضة . ويسـأل فان إيكن : « لماذا يجب علينا أن نثقل على العصـبونات بمهام من الأفضل أن تترك للإلكترونات لتؤديها ؟ « فيجب ألا يكون دورنا هو أن نسـمح بذلك فـقط ، وإنما يجب أن نطلب من طلبـتنا إحـضـار مـا لديهم

* Byte هنا فيها جناس بين قرصة Bite أى قرصة البرغوث وبين بايتة Byte الكمبيوتر، والمقصود عموما هو كمبيوتر صغير مثل البرغوث . (المترجم) .

من كمبيوترات الجيب بنفس الطريقة التى نتوقع بها منهم إحضار أقلامهم ( كان من عادة المدارس أن توفر ريشة الكتابة والحبر ) . ويجب أن نعلم التلاميذ استخدام كمبيوترات الجيب استخداما ذكيا لحل المسائل المعقدة . ويجب إعادة تدريب الطلبة والممتحنين معا على استخدام المهارات المعرفية الأرقى عند متابعة استيعاب أحد الطلبة لموضوع ما .

وعندما يصبح نظامنا التعليمى موجها التوجيه الصحيح لتعليم الشباب استخدام ما لديهم من كمبيوترات الجيب استخداما فعالا – كأدوات مساعدة لذكائهم الفطرى – فسوف نتوصل وقتها إلى رؤيا فان إيكن : « سوف يبزغ ذلك اليوم حيث يمكن لبايتة البرغوث أن يساعد مالكه علي مواجهة المهام المعقدة ثم يصبح بعدها رفيقا موثوقا به للحياة فى عالم مهدًد ومهدِّد . وهذا هو مجده . الإنسان والمرقة دقيقة الصغر الهوموسابينس ، والبيولكس إكسيجوس * . جديلتان ذهنيتان ، جدلتا معا جدلا حميما ككائن واحد » .

يمثل نموذج بايتة البرغوث اتجاها واضحا نحو جمع الذكاء البشرى وذكاء الآلة معا . وأفراد البشر لهم تاريخ طويل فى أنهم يرتبطون عاطفيا ارتباطا وثيقا مع أدوات معينة أو مع تكنولوجيا ما . وتكون هذه الظاهرة أكثر وضوحا حين تشمل الحيوانات المستأنسة مثل الكلاب أو الخيل التى أصبحت حيوانات مدللة ؛ فأصحاب الكلاب قد يحزنون علي موت كلب بمثل حزنهم علي موت قريب وثيق . علي أن أصحاب السيارات قد يصبحون متعلقين بها ، كما يتعلق القباطنة والبحارة بسفنهم ، والموسيقيون بآلاتهم ، والأطفال بلعبهم – بمعنى أن أفراد البشر قد ينقلون مشاعر الولاء والإعزاز إلى أشياء من خالص الجماد ليس فيها أى ذكاء بالكامل . وسيكون إذن من الأسهل كثيرا أن يتفاعلوا عاطفيا مع جهاز يعطى مظهرا بمردود ذكى .

وفى كتاب سابق يصف ستونير وكونلين (١٩٨٥) خبرات كونلين فى حجرة الفصل الدراسى مع أطفال صغار يستخدمون الكمبيوتر . وكمثل (ص ٢٢) ، كان هناك طفل سنه أربعة أعوام ونصف العام ، عندما ينهى برنامجا بذاته فإنه يقرأ على الشاشة «وداعا يا مارتن» . وكان مارتن عند قراءة هذه الرسالة يجيب «وداعا» ، ثم يقبل الكمبيوتر قبل أن يفارقه . وبالمثل ، فإن إيما فتاة ليدز التي تبلغ الثامنة من عمرها، عندما طلب منها أن تكتب موضوعاً عن «لماذا أحب الكمبيوتر» كجزء من تمرين الفصل ، فإنها كتبت من بين أشياء أخرى (ص ٢٠) :

إنه جد مؤدب
وهولا يغضب أبدا
وهو يشبه آلة كاتبة يعلوها تليفزيون
وأنا أحبه لأنه يقوم عنا بالكتابة كلها
وكل ما نفعله نحن هو أن نفكر

* مرادف للمصطلح اللاتينى لجنس ونوع البرغوث . ( المترجم )

ويثبت كلا هذين المثلين أنه حتى تلك العلب البدائية فى أوئل الثمانينيات كان الاطفال الصغار يتعلقون بها وكأنها أشياء حية . وما كتبته إيما بالذات يثير الاهتمام . فهى أولا تضفى على الكمبيوتر صفات بشرية مثل الأدب وعدم الغضب . وهناك ثانيا، ادراكها أنها ما دامت لا تمسك القلم وتدفعه فإن الكمبيوتر هو الذى يقوم بالكتابة ، بينما هى تقوم بالتفكير . وإيما مسئولة عن هذا الكائن المؤدب الصبور .

وقد وصفت شيرى تيركل (١٩٨٤) بالتفصيل وعلى نحو يثير الاعجاب سيكولوجية الأطفال « فى مواجهة » الكمبيوترات . ويدل بحثها على أن الطريقة التى يرى بها الطفل العالم وكيفية ارتباطه بالآخرين وتناوله لإحدى المشاكل ، كل هذا يحدد الطريقة التى يتفاعل بها الطفل مع الكمبيوتر . وكمثل فإن تيركل توصف طريقتين رئيسيتين لتناول الكمبيوتر : «السيطرة الخشنة» و «السيطرة الناعمة» . والسيطرة الخشنة تستلزم فرض الإدارة على الآلة ، وهذه سيطرة المصمم ، سيطرة المهندس . أما السيطرة الناعمة فهى أشبه بالحوار عنها بالمونولوج . وهذه طريقة تناول الفنان أو عامل السمكرة وسيد الخشونة يحبذ خططا ومنطقا تجريديين ، أما سيد النعومة فيحبذ الاستكشاف والمفاجآت . وبالنسبة لسادة الخشونة فإن التواءات الكمبيوتر يجب إصلاح أمرها وتسويتها . أما بالنسبة لسادة النعومة فإن التواءات الكمبيوتر يجب يجعل منها ميزة – ولعلها تترك فى البرنامج كتعبير عن الشخصية . وسادة الخشونة ينزعون إلى النظر إلى الكمبيوتر على أنه شئ ، أما سادة النعومة فينظرون إليه كأحد الأشكال ذات الكيان .

من الواضح من بحث تيركل أن سادة النعومة قد توصلوا خلال فترة قصيرة إلى إيجاد شخصية مع تلك العلب الكبيرة لأوائل الثمانينيات والتى كانت تقريبا علبا غير ودودة – واعتمدوا فى هذه العلاقة على التواصل عن طريق لوحة المفاتيح . ولتضع ذلك فى تقابل إزاء كمبيوترات الجيب التى تتحدث إليك – ليس بأصوات الروبوتات المتكلفة وإنما بصوت من تصميمك أنت ، بل وربما بأصوات عديدة للأغراض المختلفة . كأن يكون الصوت مثلا لمدرسك المفضل للإنجليزية من أجل تدقيق طريقة تهجيتك ونحوك ، ومن أجل قاموسك وموسوعتك ؛ أو صوت صديقك أو صديقتك للمذكرات الشخصية ؛ أو صوتك أنت نفسك لتستدعى للذهن ملاحظاتك الشخصية عن الناس وعن الحياة . ولن يستطيع المرء بعدها أن يتفادى تكوين ارتباط ارتباط عاطفى مع جهاز كهذا ، تماما مثلما لا يمكنه تفادى تكوين هذا الارتباط مع كلب مخلص مطيع . بل وحتى سادة الخشونة سوف يستسلمون فى الوقت المناسب .

أما ما ينبغى أن يصبح واضحا من هذه الملاحظات فهو أن فكرة فان إيكين عن كمبيوتر الجيب الذى سيصبح صديقا موثوقا به وليس مجرد جهاز ، هذه الفكرة ستكون أمرا طبيعيا ليس إلا . ودرجة هذا الترابط العاطفى ستكون انعكاسا لتوليفة من شخصية الفرد ومدى ما يكون هذا الفرد معزولا أو محروما اجتماعيا ، وعلى وجه الخصوص مدى

ما سيصبح فى الإمكان من دمج الجهاز الجافى مع الحكمة والدفء الانسانيتين فى البرامج – الأمر الذى يؤدى بالتالى إلى إضفاء « شخصية » على الكمبيوتر .

وهناك من ترعبهم فكرة أن كمبيوتر الجيب ينبغى أن يتصرف كرفيق للانسان وينوب عنه ، وفيما يتعلق بهؤلاء فإن الكاتب يمكنه فحسب أن يحاج بأن هذا أمر سيكون فيه تغيير للأحسن هو أعظم كثيرا من تلك الشخصيات البلاستيكية التى تعرض علينا حاليا فى العديد من برامج أو أفلام التليفزيون أو التى نسمعها فى الراديو فى تمثيلات أوبرا الصابون * أو التى توصف لنا فى روايات شبه أدبية – وهذه كلها أنواع من الإعلام غير المتفاعل الذى قد يهدئ من توقنا إلى الحكمة والرفقة البشرية ، ولكنه لا يشبع هذا التوق حقا . وعلى نقيض هذه الشخصيات الإعلامية غير المتفاعلة ، فإن كمبيوتر الجيب سوف يستجيب لمالكه البشرى ، وبعد فترة من الزمن فإنه سيكتسب خصائص تعكس صفات شخصية المالك نفسه . وبالتالى فإن رفقة الكمبيوتر ستكون قريبة إلى رفقة الحى المدلل قربا أوثق كثيرا من درجة قربها إلى الشخصية التليفزيونية أو إلى شئ من الجماد .

هكذا فإن الأطفال الذين سيولدون فى وقت مبكر من القرن الواحد والعشرين سوف ينمون فى بيئة ستكون نظرتها الثقافية إلى الآلة قد تغيرت تغيرا عميقا . وسوف تختلف نظرتهم عن نظرتنا بمثل اختلاف نظرتنا نحن عن نظرة أجدادنا فى أوائل القرن العشرين فيما يتعلق بالسفر إلى القمر . وفكرة تطوير ارتباط عاطفى مع كمبيوتر الجيب الشخصى الذى يمتلكه الواحد منا ، والذى بمرور الوقت سوف يتخذ دور الأنا البديلة ، هذه الفكرة لن تبدو غريبة فى السياق الثقافى للقرن الواحد والعشرين .

## كمبيوتر الأنا البديلة

على أن الأمور لن تتوقف عند ذلك . فالضغوط التطورية بما فيها من دافع عنيد سوف تدفع العملية إلى ما هو أبعد . هيا نتخيل ما تكونه محتويات مثل هذا الكمبيوتر الشخصى بعد عمر من تلقى ومعالجة مدخلات المعلومات الخاصة بمالكه هو نفسه . إن البنود التافهة مثل تفاصيل المواعيد وأرقام التليفونات والعناوين وغير ذلك من قوائم نبحث فيها ، هذا كله سيتم توسيعه بما هو شخصى وحميم من الملاحظات والأحلام – وباختصار سيتم توسيعه بالمفكرة الحميمة والأعمال المرجعية لفرد من البشر واحد فريد.

* مصطلح للتعبير عن تمثيليات مسلسلة تكون فى شكل ميلودراما تافهة تعرض عادة فى فترات العرض الميتة فى التليفزيون والراديو وتمولها شركات الإعلان وخاصة إعلان الصابون . ( المترجم )

ماذا سيحدث عندما يموت مالك الجهاز ؟ هل ندفن الكمبيوتر أيضا ؟ أو هل نمسح محتوياته ونتخلص منه أو نبيعه ؟ أو هل نورثه لأحد الورثة أو لأحد المتاحف ؟ أو هل سنخلق نوعا جديدا من المدافن ، مقبرة الكمبيوتر ، حيث تخزن الكمبيوترات الشخصية التى مات أصحابها ، لنزورها فى الذكرى السنوية للمتوفى حتى نقدم إجلالنا لروح أسلافنا ؟ هل نلقى بالأسئلة على هذا الكمبيوتر ؟ وهل سنستجيب لإجاباته ؟

إن هذه الأسئلة فيها بعض مذاق من روايات الخيال العلمى . ولكن هلا فكرت أيها القارئ العزيز فى كم الخيال العلمى الذى كان فى ما مضى وأصبح الآن هو حقائق اليوم ؟ ومسائل حقائق الغد هذه تثير قضايا لها شأن عميق فلسفيا وأخلاقيا – إنها تفتح صندوق باندورا لخلود الإنسان .

وفكرة أن أفكار واحد من البشر ينبغى على نحو ما أن تحفظ بحيث يمكن للناس مناقشتها بعد ذلك بألفى عام – كما هو الحال مثلا مع أفلاطون – هى فكرة كانت ستعد قبل اختراع الكتابة محض خيال علمى (ان كان للمصطلح وجود وقتها) .

وفكرة أننا مازلنا نسطيع الاستماع الى غناء أنريكو كاروزو أو إديث بياف ، بعد موتهما بزمن طويل ، كانت بالمثل ستبدو كالخيال العلمى قبل اختراع المسجلات .

إن من يفتقدون موتاهم يكونون فى حاجة يائسة إلى التواصل مع الشخص الذى فقدوه فى التو وحاليا فإن كل ما يتبقى عندنا عادة يكون بعض الصور الضوئية ، وربما بعض شرائط تسجيل الصوت أو حتى شرائط تسجيل الفيديو . وكل هذه تعيد إلينا الذكريات ، ولكنهما بلا شك لا تعيد الحياة إلى الفقيد : فلا الصور الضوئية ولا شرائط التسجيل لديها القدرة على النمو ! ومهما قلنا لهما ، ومهما كان عدد المرات التى ندير الأشرطة فيها ، لن تكون هناك استجابة ، ولن يكون هناك تغير فى السلوك . فالمتوفى ميت ، ونتاجات صنع الإنسان جماد ، لقد انتهى الأمر .

هيا نتصور الآن الكمبيوتر الشخصى للمتوفى وقد اختزنت داخله ذخيرة كبيرة من الاستجابات . إن كمبيوتر المتوفى يتفاعل . وهو يستطيع تغيير استجاباته بمرور الوقت . وهو يظل محتفظا بالقدرة على المفاجأة ، وكذلك أيضا بالقدرة على النمو ؛ إلا أن نقطة ابتدائه الأصلية قد تحددت بواسطة خبرات حياة المتوفى وملاحظاته وعاداته وأسلوب حياته .

وبالنسبة للكثيرين فإن الموت هو التحلل النهائى للإنسان . واليوم فإن من يؤمنون بذلك ويكونون أغنياء بما يكفى ، يدفنون أجسادهم فى ثلاجة تجميد شديد على أمل أنه فى وقت ما من المستقبل قد يصبح علم الطب قادرا على إعادتهم للحياة . على أن أجسادهم ليست هى المسئولة أساسا عن تفردنا البشرى كأفراد . والجسد وإن كان يلعب دورا حيويا فى خلق هويتنا ، إلا أنه قد يصيبه تشوه شديد ، كأن يصبح أحد الأفراد مشلولاً ليذوى من الرقبة لأخمص القدم – ومع ذلك فإن أيا من هذه الكوارث الجسدية لا يحرمنا من هويتنا الذاتية . فهويتنا الذاتية مستقاة مما يجرى داخل رؤوسنا .

وبخلفية مما سبق ، لن يبدو بعد كأمر جد مستبعد أن سيحاول الناس عن عمد نقل أكثر ما يمكنهم من ذواتهم إلى داخل كمبيوتراتهم الشخصية . وسوف تؤدى جهودهم هذه إلى خلق ذات بديلة خالدة . على أن ثمة مفارقة هنا : إذا حدث ولم يتفاعل أحد قط مع كمبيوترك الشخصى بعد رحيلك النهائى ، فإنك أيضا ، تكون قد مت . ومن الناحية الآخرى إذًا فعل ذلك آخرون ، سوف يتبدل حال الكمبيوتر ، ولن يصبح بعد محض «أنت» .

وأكبر احتمال هو أن أغلب الناس سيفضلون أن يجعلوا الكمبيوتر الخاص بهم يتفاعل مع أحد الناس – خاصة مع واحد ممن يحبونهم – بدلا من أن يجعلونه قابعا فى كفن يتعفن فيه بجوارهم أو بجوار جرة رمادهم .

هكذا إذن يبدأ مزج ذكاء الآلة والذكاء البشرى الجماعى .

هذا وينظر العالم إدفريدكن بمعهد ماساتشوسيتس للتكنولوجيا ، فى إمكان وجود «آلة سماوية» ، كمبيوتر المستقبل الذى ستكون لديه القدرة على محاكاة مخك – محاكاة تؤكد خلودك (أنظر عرض براون ١٩٩٠) . هب أنه قد أصبح من الممكن دمج كمبيوترين شخصيين بالتحميل الترحيلى *لكل البيانات والبرامج من إحداهما للآخر. ألا يمكن أن يرغب رجل أرمل فى التحميل التراحيلى لكمبيوتر زوجته المتوفاة على كمبيوتره الخاص به ؟

ولكن ماذا عن أسرارنا الشخصية جدا ؟ هل نضع عليها قفل زمانى بحيث لا تظهر الا بعد مائة عام ؟ وماذا عن توريث الكمبيوترات الشخصية لأحفاد لم يولدوا بعد ؟ ومما تمارسه بعض العائلات اليهودية أن تسمى الأطفال على الأقارب المتوفين . هل نورث هؤلاء الأطفال الكمبيوتر الشخصى لصاحب الاسم ليستخدموه ككمبيوتر خاص بهم ؟ هل سيكون لدينا نظام تأمين على «الإرث» ليعوضنا عن فقدان أو تلف الكمبيوتر الشخصى لسلفنا ؟

ومع تكدس المزيد والمزيد من الأجيال داخل نفس الكمبيوتر ، سوف تتغير البشرية تغيرا عميقا . فأنواتنا الفردية ستصبح أنوات جموعية . وستتطور التنظيمات الاجتماعية البشرية إلى شئ أقرب إلى التنظيم الاجتماعى للدرفيل ، فيما عدا أننا سوف لا نقتصر على أن نتقمص عاطفيا مع رفقتنا من الأحياء ، وإنما أيضا مع أسلافنا من الأموات . وسوف يصبح منا نوع من الذكاء الجماعى لم يعرف بالكلية من قبل – النصر النهائى على الموت والوحدة – إذ إن البشرية كما نعرفها سوف تتطور لتتجاوز نفسها .

* ترحيل برنامج داخل الكمبيوتر أو معلومات من قاعدة بيانات بعيدة أو كمبيوتر آخر عبر خط اتصال إلى الجهاز الطرقى الخاص بالمستخدم (المترجم) .

## المخ الكوكبى

ناقشنا فيما سبق المخ الكوكبى كخلاصة للذكاء الجماعى البشرى . وثمة شئ لابد وأنه قد أصبح بالفعل واضحا فى ذلك الفصل الأسبق ، وهو المدى الذى تجعل به الكمبيوترات وأجهزة الاتصالات الكهربائية / الضوئية من هذه العملية . ونحن لن نرى فى المستقبل فحسب اندماج الذكاء البشرى الفردى مع ذكاء الالة ، وإنما نحن نرى «حاليا» اندماجا ملحوظا للذكاء البشرى الجماعى مع ذكاء الآلة .

ذلك أنه مع ظهور الكلام البشرى ، سرعان ما فاق الذكاء البشرى الجماعى فى تقدمه الذكاء عند كل الرئيسيات الأخرى . وقد تبع ظهور الكلام سلسلة من التكنولوجيات الأخرى للمعلومات : الكتابة ، واستخدام الحروف الهجائية والطباعة ، ونظم الاتصال الكهرومغناطيسية ، وأخيرا الحوسبة . وحسب مستوى التنظيم الاجتماعى وقتها ، يؤدى الأمر فى كل حالة إلى خلق روابط ، أوثق وأوثق بين الأفراد ، وبين الأفراد والجماعات ، وفيما بين الجماعات . والذكاء البشرى الجماعى مقرونا بالمعلومات المختزنة فى القواميس والموسوعات والأطالس وأدلة التليفون ، ناهيك عن ذكر المكتبات ودور المحفوظات والمتاحف والجامعات وقواعد البيانات ، الخ ، مقرونا بذلك كله فإن هذا الذكاء الجماعى البشرى يتحسن تحسنا رائعا فى قوته وكفاءته ، بل إنه أيضا يصبح ذكاءً كوكبيا .

هذا وقد أدخل بوجلياريللو (١٩٨٨) ، الذى سبق الإشارة إليه فى الفصل الخامس، مفهوم المخ الفائق الذى يتكون من « شبكة كوكبية متقدمة من المعلومات والاتصالات البعيدة المدى ، حيث يكون كل جهاز طرفى مكونا من محطة ذكاء » . وهذا المجمع من قدرات الذكاء الجماعى المعزَّزة (الذاكرة ، الترابط ، الاستدلال ، الخ) يشكل «الذكاء الفائق» الذى يصبح وجوده فى الإمكان بواسطة المخ الفائق . وحسب بوجلياريللو سوف يقودنا هذا الذكاء الفائق إلى ثقافة عالمية مشتركة ، وذلك بسبب ما يتطلبه من بروتوكولات مشتركة وبسبب ما يوفره من قدرة على حل المشاكل الكوكبية مثل مشاكل البيئة ، والاقتصاديات الكوكبية ، وحقوق الإنسان الأساسية ، الخ . وأهم شئ من وجهة المنظور الحالى ، ما يطرحه بوجلياريللى من أن العلاقات من داخل الثقافة الكوكبية سوف تتحول من مجرد الإسهام إلى الاعتماد المتبادل .

والاعتماد المتبادل هو أول خطوة نحو التكامل . فالعناصر المختلفة التى تشكل الثقافة الكوكبية والمخ الكوكبى ستصبح متكاملة تكاملا كليا – بمثل تكامل الخلايا والأنسجة والأعضاء التى تؤلف الجسد البشرى والمخ البشرى . وهكذا فإن تطور الذكاء يكون قد توصل إلى مستوى جديد من التركب .

وقد كتب تيلهارد دى شاردان (١٩٧٠ ، ص ١٠٢) أنه «بعد الإنسان سيكون ما لدينا هو الجنس البشرى» ،، وتيلهارد دى شاردان لم يستكشف تطور الذكاء من خلال الإطار الموجود فى المؤلَّف الحالى . ومع ذلك فإنه قد رأى بوضوح أن الإنسانية تتعرض إلى «كبس فائق» سيؤدى أوتوماتيكيا إلى إنتاج «تنظيم فائق» وهذا بدوره سوف يؤدى إلى إنتاج «نوعية فائقة» . «إن الجنس البشرى وكأنه قد أدركته سلسلة من النقلات الحركية هى فى القلب من إعصار من عملية للتلخيص الذاتى تتزايد سرعته باستمرار (ص ١٠٠) وتطوير عملية «التمخيخ الجماعى» سوف يؤدى حتما إلى بزوغ «مخ المحيط الذهنى» ، عضو التفكير البشرى الجماعى (ص ١١٠ - ١١١) .

## مصنع الروبوت الناسخ لذاته ، وأصل الحياة

فى الفصل السادس ناقشنا ظاهرة فيروسات الكمبيوتر، واستنتجنا أن هذه الفيروسات تمثل نوعا لكيان جديد بالكلية - معلومات خالصة ، مخلوقة بشريا ، ولها القدرة على نسخ ذاتها داخل العائل المناسب . وفيروسات الكمبيوتر تمثل حقا و بالفعل المكافئ المعلوماتى للفيروسات البيولوجية .

وقد ناقشنا فيما سبق من هذا الفصل إمكان خلق مصانع روبوتية مؤتمتة بالكامل ، لاتنتج فحسب روبوتات وكمبيوترات ، وإنما لها القدرة أيضا على الإكثار من المصانع الأبناء . وخلق مثل هذا المجمع الصناعى فى وقتنا هذا ليس له أى معنى اقتصاديا . على أنه مع استمرار تقدم تكنولوجيا الفضاء ، وإذ يصبح استكشاف الفضاء والانتقال فيه أرخص وأرخص تكلفة ، فإننا سنأخذ فى استعمار القمر (كما أننا سوف نستعمر فى الوقت المناسب الكويكبات والكواكب) .

على أن استعمار القمر بالروبوتات سيكون امرا معقولا الى حد أكبر كثيرا من استعماره بالبشر . سنجعل الروبوتات تقوم بالتعدين والصهر وانتاج المواد الجديدة العجيبة . فالروبوتات لا تحتاج الى أوكسجين ولا الى طقس موات . وهى مما يمكن تصميمه بحيث تتحمل اطراف درجات الحرارة القصوى ، كما يمكن بطرائق اخرى عديدة أن نصنعها بحيث تصبح متكيفة بالكامل مع البيئة القمرية على نحو يكون مستحيلا بالنسبة للبشر .

وما إن يتم إنشاء مصانع الروبوتات القمرية ، وما إن يتم إرساء وسائل نقل رخيصة موثوق بها (مثلا مراكب شراعية شمسية) حتى يصبح من الاقتصادى أن

نضع فوق القمر كل عمليات الإنتاج الضارة بالصحة . هناك على القمر لن تكون ثمة حاجة لأن نقلق بشأن ظواهر الاحترار أو استنفاد الأوزون . وسوف تستخدم الأرض لزرع الطعام وللعيش فيها ، ويستخدم القمر للتعدين والتصنيع - وهذا مبحث استكشفه بالتفصيل كرافت إيريك (١٩٧١) منذ عشرين عاما . وكان إيريك وقتها يعمل بوظيفة المستشار العلمى الأول للبرامج المتقدمة بقسم الفضاء لروكويل بأمريكا الشمالية ، وقد كتب مقالا بعنوان «ما هو ضرورى لما يكون من خارج الأرض» قال فيه : «الارض هى عربة الركاب الفاخرة الوحيدة فى قافلة من عربات البضاعة المحملة بالموارد . وهذه الموارد جعلت لنا لاستخدامها» ، وهو يطرح أنه سوف يأتى وقت حيث «نحول أرضنا من رحم يمد بكل شئ إلى وطن للمستقبل البعيد للجنس البشرى ، سوف تتم ولادته فى النهاية فى بيئة عظمى من عوالم كثيرة» .

وفى ضوء ما سبق ذكره ، فإن فكرة استعمار القمر بالروبوتات ، وبالمصانع المؤتمتة المنتجة للروبوتات ، والمصانع المؤتمتة التى تنتج المزيد من المصانع المؤتمتة ، هذه الفكرة و إن كان لها جو من الخيال العلمى فى العقد الأخير من القرن العشرين ، إلا أنها فكرة يحتمل أن يثبت أنها قابلة للتحقيق بالنسبة لكوكب عليه أن يناضل مع ما سيحدث فيه خلال القرن الواحد والعشرين من وجود سكان يتزايدون أبدا ، وما يواكب ذلك من حشد من المشاكل البيئية .

ومن وجهة النظر إلى مستقبل ذكاء الآلة ، سنجد أن إنشاء مجمع صناعى ناسخ لذاته - مع كل ما فيه من حلقات تغذية مرتدة عديدة ، ومن قدرة على استخدام الطاقة لتحويل شكل من المادة أقل انتظاما (المواد الخام) إلى أشكال أكثر انتظاماً (المنتجات) - سنجد أن إنشاء هذا المجمع يمثل شكلا من التنظيم يمكن تشبيهه بتنظيم الخلية الحية . ولن يمكن التوصل إلى تكاثر مجمع صناعى مؤتمت من هذا النوع عن طريق «النمو بالتراكم» - أى ليس بطريقة نمو البلورة بأن تضيف المزيد من الوحدات على سطح خارجى - وإنما يمكن التوصل إليه عن طريق «الاندماج بالتمثيل» ، أى بأخذ مادة غريبة إلى الداخل وتحويلها إلى لبنات بناء .

وهكذا ، فإن الأنشطة التى ستجرى داخل المصنع ستكون مكافئة للأيض الكيماوى الذى يجرى داخل إحدى الخلايا الحية . وتدفق المعلومات تدفقات مركبة سيستلزم قدرا كبيرا من معالجة المعلومات بواسطة وحدات فرعية ونظم فرعية تظهر سلوكا ذكيا ، كما أن وفرة حلقات التغذية المرتدة ستؤدى إلى تكامل كل هذه الذكاوات الفردية فى ذكاء جماعى متماسك متزامن .

وكما فى النظم الحية ، لابد من أن تظهر هذه المصانع القدرة على الإصلاح الذاتى وبذور هذه القدرة موجودة فى يومنا هذا : ويكتب واتس (١٩٩٠) تقريرا فى مجلة «نيو سيانتيست» يصف فيه البحث الذى يجريه جوليان تشين بمركز بحث شركة IBM

بيوركتاون هايتس فى نيويورك ، وهو بحث يتيح للوحات الدوائر الكهربائية أن تصلح بنفسها صنفا معينا من الأخطاء . فأخطاء «السلوك الموصلة» بين المرققات التى على اللوحة تؤدى إلى توصيلات رديئة ، ويمكن أن تصلح نفسها بالطريقة التالية . عندما تكون التوصيلة رديئة ، فإنها تزيد المقاومة الكهربائية . وهذه الزيادة فى المقاومة تسبب زيادة محلية فى درجة الحرارة عند موقع الخطأ عندما يمرر تيار خلال النظام . وهذا بدوره سيحدث جهدا كهربائيا بطول السلك ، هو ما يسمى «بظاهرة البطارية الحرارية» . وبغمس اللوحة فى محلول من الإلكتروليتات * المعدنية ، فإن الذرات المعدنية تنتقل تجاه النقطة الساخنة وتترسب على مكان الاختناق . وإذ تفعل الذرات المعدنية ذلك فإنها تتيح سريان المزيد من التيار خلال السلك ، بما يخفض من المقاومة . وهذا يؤدى الى تقليل تأثير البطارية الحرارية الأمر الذى يعنى أن يقل عدد ذرات المعدن التى تنتقل إلى الموضع ، حتى يتم فى النهاية إصلاح الاختناق بصورة فعالة .

ويساوى ذلك أهمية ما يحدث من تطويرات فى المجال العلمى الذى ظهر حديثا ، هو «المواد الذكية» (أماتو ١٩٩٢) . وهذه المواد تدمج كأجهزة استشعار فى المواد الإنشائية التقليدية كالصلب والأنواع الأخرى من الإشابات والأسمنت أو القيشانى ، وأجهزة الاستشعار هذه لها القدرة على أن تحلل معا البيئة الخارجية ، والحالة الداخلية للمادة نفسها . وبالاعتماد على إدراك هذا النظام للاستشعار ، فإن المادة «الحاذقة» تستجيب للتهديد (وجود ذبذبات أو صدأ ، أو فرط إجهاد ، الخ) بأن تنبه المهندس (بتغير فى اللون مثلا) أو بأن تشغيل بتصرفات تصحيحية مباشرة (مثل إطلاق كيماويات تبطئ من عمليات الصدأ) .

وعناصر الاستشعار التى قد تكون أيضا جزءا من نظام التصحيح الذاتى ، تتضمن أجهزة استشعار للضوء ، والحرارة ، وألياف ضوئية ، وأجهزة استشعار للضغوط البيزو كهربية** وإشابات تشكيل الذاكرة ، وسوائل اللدونة الكهروبائية (التى يمكنها أن تتناوب ما بين حالتى السيولة والجمود) ، وكذلك المواد الاخرى التى يمكن أن تصيبها تغيرات بنيوية كاستجابة للتغيرات فى المجالات الكهربائية أو المغناطيسية . وفى اتفاق مع تعريف الذكاء الذى طرحناه فى البداية ، فإن هذه المواد – القادرة على تحليل بيئتها ثم تصدر عنها بعدها تصرفات على أساس تحليلها هذا لتدعم من قدرتها على البقاء هى نفسها – هذه المواد يجب تصنيفها على أنها مواد ذكية . ومن الواضح أيضا أن علوم الهندسة فى القرن الحادى والعشرين سوف تخلق نظم آلات تشبه فى تكوينها وتشغيلها النظم البيولوجية شبها أكبر وأكبر .

---

* أيونات ( ذرات أو مجموعة ذرات شحنة كهربائية ) فى محلول موصل للكهرباء يترتب عليه تحرك الأيونات ورسوبها أو تصاعدها عند واحد من القطبين حسب الشحنة تبعا لقانون فاراداى للتحلل الكهربائى . (المترجم) .

** خاصية لبلورات خاصة تنتج جهدا كهربائيا عند تعرضها لضغط ميكانيكى أو تعانى من ضغط ميكانيكى عند تعرضها لفولت كهربى . وبعض مولدات الذبذبات وبعض الميكروفونات تعد من الأجهزه البيزوكهربية (أو الكهروضغطية) . (المترجم) .

من الشيق ملاحظة أن فون نيومان قد تنبأ أساسا بطرائق عمل تكاثر الخلايا ، وذلك قبل أن يتمكن واطسون وكريك بزمن طويل من حل الشفرة ، الوراثية (كما عرض بيرد الأمر ١٩٩١) . وكان توجه فون نيومان النظرى بالنسبة لطريقة خلق أتوماتون * ناسخ لذاته قد أدى به إلى افتراض أربعة احتياجات :

١ - برنامج أو تعليمات مكتوبة تتيح للأوتوماتون أن يولد أوتوماتون آخر .

٢ - مُستنسخ يمكنه تلقى هذه التعليمات لاستنساخها مضاعفة .

٣ - أوتوماتون مجهز تجهيزا جيدا بما يكفى لأن يجعله قادرا على اتباع التعليمات، أى على أن يدبر الحصول على كل المواد اللازمة ، ثم يجمعها إلى أتوماتون آخر . وهذا فيه ما يكافئ مصنع أوتوماتون .

٤ - محكام يمرر التعليمات إلى المُستنسخ ليستنسخها ، ثم يمرر المستنسخات إلى المصنع لمعالجتها ، ويمرر هذه النسخ لتَدمج فى الأوتوماتونات المجمعة حديثا .

ولابد وأنه قد أصبح واضحا من المناقشة أعلاه أن تطور ذكاء الآلة ، الذى ينميه الإبداع الإنسانى ، سوف يتوصل خلال القرن الحادى والعشرين إلى مستويات من التنظيم يمكن مقارنتها بالنظم البيولوجية الأولى : وسوف يؤدى الذكاء الجماعى للمجتمع البشرى إلى ولادة نوع جديد من الخلق - ذكاء آلة ناسخ لذاته - خلق له من العمق مثل ما للحياة نفسها .

**Literature Cited**


I Asimov (1968) I, Robot, Granada, London.

N Beard (1991) The lonic of life, pers . comp . world September 1991, pp . 264 - 268.

C Blakemore (1988) The Mind Machine, BBC Books, London.

J Brown (1990) Is the universe a computer ? New Sci. 127 (1725): 37 -39.

L Bugliarello (1988) Toward hyperintelligence, Knowledge : Creation, Diffusion, Utilization 10 (1) : 67 -89.

CMR (1972) Psychology Today , 2 nd edn, CMR Books, Del Mar, CA.

IM Donaldson (1988) Personal view : What good are neural nets ? J. Inform.Technol. 3 (4) : 272 - 276.

KA Ehricke (1971) Extraterrestrial imperative, Bull. Atomic Sci. 27 (9) : 18 - 26.

C EVans (1979) The Mighty Micro , Victor Gollancz, London.

C EVans (1981) The Making of the Micro, Victor Gollancz, London.


---

*الأوتوماتون آلة مصممة لمحاكاة وتقليد عمليات الكائنات الحية . (المترجم)

F Hsu, T Anantharaman,M Campbell and A Nowatzyk (1990) A Kaye and A Agrandmaster chess machine, Sci. Am. 263(4) : 18 - 24.

Goldberg (1977) Personal dynamic media, Computer March, pp.31- 41.

T Kohonen (1988) An introduction to neural computing, Neural Networks 1 : 3 - 16.

PJ Marcer (1989) Why computers are never likely to be smarter than people, AI & Society 3 : 142 -158.

D Michie and R Johnston (1985) The Creative Compuer,Penguin,Harmondsworth

H Moravec (1988) Mind Children, Harvard University Prees, Cambridge, Mass.

B Morgan (1990) Nutrtional requirements for normative development of the brain and behaviour,in Psychology : Perspectives and Practice (SM Pfafflin, JA Sechzer, JM Fish and RL Thompson ed) , pp. 127 - 132, Ann. New Tork Acad. Sci. 602.

J Pollock (1989) How to Build a Person, The MIT Press, Cambridge, Mass.

GK Pullum (1987) Natural language interfaces and strategic computing, AI & Society 1: 47 - 58.

T Stonier (1966) The big blackout : unwitting rehearsal war ? War / Peace Report January 1966, pp. 12 -14.

T Stonier (1986) Intelligence networks, overview, purpose and policies in the context of global social change, Aslib Proc. 38(9):269-274.

T Stonier (1988) Machine intelligence and the long - term future of the human species, AI & Society 2:133-139.

T Stonier and C . Conlin (1985) The Three Cs : Children, Computers and Communication, John Wiley and Sons, Chichester.

P Teilhard de Chardin (1971) Man 's Place in Nature, Fontana/Collins, London.

S Turkle (1984) The Second Self: Computers and the Human Spirit, Simon and Schuster, New York .

HK van Eyken (1989) Fleabyte fundamentals: promoting more meaningful learning, J. Chem. Sci. Teach. November 1989, pp. 70-72.

S Watts (1990) Circuit boards that fix their own faults, New Sci. 127(1724):30.

J Weizenbaum (1984) Computer Power and Human Reason, Penguin, Harmondsworth.

DE Wooldridge (1968) Mechanical Man, McGraw-Hill, New York.

## ٩ - الخلاصة والاستنتاج

### مقدمة

وصلنا خلال سنوات القرن العشرين إلى تقبل فكرة أن الكون يتطور . وبالإضافة فنحن نتقبل الآن كفكرة معقولة أنه مع وجود القوى الأربع الأساسية فى الطبيعة * فإنه ينبغى أن تتولد النجوم لتتطور خلال أطوار شتى ثم تموت .

وتفسَّر الظواهر النجمية على نحو خالص بلغة من المادة والطاقة . أما ما نحتاج الآن إلى استيعابه فهو وجود ظواهر أخرى تعمل فى هذا الكون ، وتعد ظواهر «حقيقية» بقدر ما تكون المادة والطاقة حقيقة ، وهذه الظوهر هى «المعلومات» و«التطور» ، وبالإضافة إلى ذلك فإن المعلومات تنظم المادة والطاقة بل وتنظم أيضا نفسها - شئ رغم أنه مؤسس على المعلومات إلا أنه «ما بعد» المعلومات . وهذا الشئ هو الظاهرة التى نسميها «الذكاء» .

### تطور نظم معالجة المعلومات

يفترض البروفيسور كلاوس هيفنز (١٩٨٨) وزملاؤه بكلية الرياضيات والمعلومات بجامعة بريمن فرضا يقول إن كل البنيات المادية تقوم باستمرار بتلقى وإرسال ومعالجة المعلومات . ويرى هيفنز أنه حيث إن كل المواد المادية تكون على اتصال إحداها بالأخرى بواسطة الجاذبية وغيرها من مجالات القوى ، فإن الكون كله هو نظام اتصال كلى لمعالجة المعلومات ؛ ويوجد داخل هذا النظام الكونى الكلى لمعالجة المعلومات مستويات شتى من التركب . فتنظيم الجسيمات فى المادة يشمل طبقة الجسيمات فى نظام معالجة المعلومات ، وقوة الجاذبية ينتج عنها تجمع للكتل يشمل طبقة الجاذبية فى نظام معالجة المعلومات ، وتخزين المعلومات فى خيط بطول سلسلة من الجزيئات كما فى حامض دنا يشمل الوراثيات أو طبقة الوراثيات فى نظام معالجة المعلومات ؛ وتطوير الاعضاء الحسية للحيوانات هى وأنواع جديدة من اختزان المعلومات على أساس الخلية العصبية يؤدى إلى خلق طبقة العصبيات فى نظام معالجة المعلومات ؛ ونجد أنه فى الوقت الملائم أدى بزوغ البشرية إلى إظهار مستوى

* المقصود هو قوى الجاذبية ، والكهرومغناطسية ، والقوة النووية الضعيفة ، والقوة النووية القوية.(المترجم)

جديد من التركب ، وهو طبقة البشريات فى نظام معالجة المعلومات ؛ وهذه بدورها قد أدت إلى خلق مدى واسع من النظم التكنولوجية ، أى طبقة التكنولوجيات فى نظام معالجة المعلومات ؛ وهذان مقرونان بالمجتمع البشرى يخلقان فى النهاية نظاماً اجتماعياً - تكنيكيا لمعالجة المعلومات - طبقة كوكبية اجتماعية / تكنيكية فى نظام معالجة المعلومات - وهذا النظام هو الذى سوف يشكل مستقبلنا .

أن هذه الفكرة المحورية من أن الكون يتكون من نظام تراتب طبقى من منظومات فى نظام معالجة المعلومات ، وأن هذه المنظومات تجتاز أو هى اجتازت عملية تطورية ، لهى فكرة مهمة أقصى الأهمية فهى فى الحقيقة جد حيوية لفهم تطور الذكاء .

## تطور الذكاء : نظرة عامة

مفهوم هيفنر عن تطور نظم معالجة المعلومات يتيح لنا أن نستكمل نظرتنا العامة . إن ظاهرة «الذكاء» لايمكن فهمها إلا إذا نظرنا إليها على أنها «طيف» عريض . وهذا الطيف موجود لأن «الذكاء» يتطور جنبا إلى جنب مع تطور سائر الكون . وفى بدء الأمر لم يكن يوجد الا الطاقة (الانفجار الكبير) . ثم وجدت الطاقة والمادة والمعلومات . والمعلومات مسئولة عن «تنظيم» الطاقة والمادة ، كما أنها تكون فى الوقت المناسب مسئولة عن تنظيم نفسها أيضا . ونظم المعلومات سرعان ما طورت القدرة على «معالجة» المعلومات . وكما يوضح هيفنر فإن هذا يحدث بالفعل على مستوى الجسيمات الفيزيائية والقوى الأساسية .

وعندما ننظر إلى الجسم البشرى ، سنقدّر مدى ما فيه من التركب . وفى نفس الوقت لا توجد لدينا أى مشكلة بالنسبة لفكرة أن الجسد البشرى مصنوع من المادة ، وأن هذا التركب للمادة يمكن اختزاله إلى ذرات وجسيمات تحت ذرية . ونحن الآن نتقبل أنه يوجد طيف من المادة يمتد ابتداء من الجسيمات الفيزيائية الاساسية ليصل إلى أفراد الكائنات الحية ثم إلى ما يتجاوز ذلك - أى إلى النظم الإيكولوجية والكون كله . وبالمثل فإننا نتقبل أن المظاهر المركبة لفعاليات الطاقة التى تظهرها أجسادنا عندما نرى أو نسمع أو نتحرك ، كلها متعلقة بقوى الطبيعة الأساسية التى يدرسها الفيزيائيون . ويبدو أننا لم يعد لدينا بعد أى صعوبة ذهنية فى تقبل فكرة أنه فيما يتعلق بالمادة والطاقة فإن الجسد البشرى يمثل الذروة العليا لطيف من الظواهر .

وهناك تغيير نحتاج الآن إلى صنعه فى النموذج العلمى الأساسى وهو : أن ما يصدق على الجسد البشرى - فيما يتعلق بالطاقة والمادة - يصدق أيضا على الذهن

البشرى فيما يتعلق «بالمعلومات» و«الذكاء» ، وثمة صعوبة فى التوصل إلى هذا التغيير فى النموذج الأساسى ، وهذه الصعوبة ترجع إلى حقيقة أن هناك حاجة إلى أن نضع أولا تغييرا آخر فى النموذج الأساسى وهو أن : «المعلومات مثلها مثل المادة والطاقة لها كيان فيزيقى حقيقى» . والمعلومات مثلها مثل المادة والطاقة قد تطورت مع تقدم الكون فى عمره . على أن تطور المعلومات نضج مبكرا بسرعة أكبر كثيرا - ومازالت سرعة نضجه تتزايد - لأن المعلومات لايقتصر أمرها على أنها تنظم المادة والطاقة ، وإنما هى أيضا تنظم نفسها . وبالتالى فإننا نرى فى الكون تراتب طبقات من نظم لتنظيم المعلومات ومعالجتها . فنرى عند أحد أقصى الطرفين تنظيم الجسميات الأساسية فى النيوكليونات تحت الذرية وتمايز قوى الطبيعة الأساسية (الذى أعقب سريعا الانفجار الكبير) . وعند الطرف الأقصى الآخر نرى ذلك التركب الذى نسميه المجتمع البشرى .

والمعلومات ليست من ابتكار الذهن البشرى . فنحن نضلَّل بحقيقة أن معظم عملية معالجتنا (البشرية) للمعلومات يتم توجيهها داخل إطار مما يخلقه البشر من نظم معالجة المعلومات وإرسالها وتخزينها واسترجاعها ، وخاصة اللغة المنطوقة والمكتوبة . على أن «المعلومات هى خاصية أساسية للكون» . وإذا ثبتت صحة نظرية الانفجار الكبير ، تكون المعلومات قد ظهرت حتى قبل المادة ، حيث إن القوى الإساسية للطبيعة يكون قد تم تمايزها قبل أن تفعل المادة ذلك. بمعنى أن «تنظيم» الطاقة سابق على ظهور المادة .

وإذا كانت المعلومات خاصة أساسية للكون ومسئولة عن تنظيمه ،، فأنه يبدو من الحتمى - مع وجود قوى التطور - أنه ينبغى أن تتطور نظم مستقرة لها القدرة على تنظيم ذاتها . وبالمثل ، فإنه يحدث فى وقت مبكر أن يؤدى تنظيم المادة والطاقة والمعلومات إلى نظم تشتغل بمعالجة المعلومات . ونظم المعلومات - المعالجة المنظمة لذاتها تشكل «الجذور الفيزيقية» للظاهرة التى نسميها الذكاء .

وحيث إننا نتعامل مع عمليات تطورية ، فإنه يصبح من الصعب جدا رسم خط دقيق يفصل بين ما هو ذكى وما ليس بذكى . وفى كتابناهذا فإن «الذكاء» قد تم تعريفه على أنه :«خاصة للنظم المنظمة لذاتها التى تشتغل بمعالجة المعلومات بحيث تتيح للنظام أن يحلل بيئته ، ثم يستجيب بطريقة تؤدى إلى تعزيز قدرة النظام ذاته على الحفاظ على بقائه أو قدراته على التكاثر» .

إن هذا التعريف ينبغى أن يساعدنا على فهم ظاهرة الذكاء ، وعلى أن نفهم أنه يشمل طيفا من الظواهر ، طيف يعكس عملية تطورية يكاد عمرها يصل إلى عمر الكون نفسه . وعند أحد أقصى طرفين سنجد نظما غير قادرة على الحفاظ على سلامة كيانها ، كما يحدث مثلا عندما يذوب مكعب من السكر فى فنجان شاى . إن قطعة

السكر تظهر صفرا من الذكاء . وعند الطرف الأخر الأقصى سنجد نظما تمارس تحكمًا هائلا فى بيئتها - كما فى المجتمع البشرى الكوكبى ، مظهرة مستويات من الذكاء لم نصل بعد إلى تعلم طريقة لقياسها .

وإلى الآن يُعَد الحال على ما يرام . وإنما تنشأ المشاكل عندما نفكر فى أن «الذرات» تشتغل بمعالجة المعلومات ولها القدرة على المحافظة على سلامة كيانها فى بيئة متقلبة . هل الذرات تظهر ذكاء ؟ وماذا عن البلورة التى تنمو فى محلول فوق مشبع ؟ إنها لاتقتصر على أن تحافظ على بقائها وإنما هى أيضا توفر قالبا - يعد على أى حال قطعة معلوماتية - بما يتيح لها أن تصنع المزيد من نفسها .

وإحدى طرائق الخروج من هذه المشكلة ، اتخاذ الوسيلة التى تم اختيارها فى هذا الكتاب ، وهى استدعاء مفهوم «الذكاء البدائى» . بمعنى أننا ندرك الظواهر الموصوفة أعلاه على أنها تتعلق بمفهوم الذكاء ، ولكننا لانعتبر أن تحليل البيئة هكذا وما يترتب عليه من استجابة هما على درجة من التركب الذى يكفى لأن يفى بمعاييرنا . فهذا المستوى من التركب الذى يفى بالمعايير لا نتوصل إليه إلا عندما نصل إلى التعامل مع النظم الحياتية الموجودة .

وهناك فارق كبير بين النمو «بالتراكم» الذى تفعله البلورات بأن تضيف فحسب نفس مادتها للخارج من البلورات نفسها ، و «الاندماج بالتمثّل»* **intussuscePtion** حيث يحدث مثلا للخلية النباتية أن تدخل ثانى أكسيد الكربون والماء والنيترات غير العضوية ، وتحولها إلى بروتينات وجدران من السليولوز وإلى مواد وبنيات أخرى عديدة لايبدو أى واحد منها مشابها للمادة الأصلية التى خضعت للتفاعل .

على أننا نمرحتى هنا بأحوال من التداخل : فبرمنجنات البوتاسيوم لا تبدو مثل ثانى أكسيد المنجنيز . ولكننا نجد عند إسقاط بلورة من ثانى أكسيد المنجنيز فى محلول من برمنجنات البوتاسيوم ، أن هذا يجعل البرمنجنات تتحول إلى بلورات من ثانى أكسيد المنجنيز . وبالمثل فإن وسطا مركبا يتكون من مواد طَفل وجزيئات عضوية قد يؤدى إلى ترسيب بلورات طفل تبدو جد مختلفة عن المحلول الأصلى . وعلى أى حال فإن انبثاق الحياة من النظم قبل الحياتية قد استلزم على الأرجح وجود نظم حياتية بدائية ذات خصائص تجمع بين التراكم والاندماج بالتمثل .

ثم هناك مشكلة الفيروسات . إنها لاتنمو بالتراكم ولا بالاندماج بالتمثل . وبدلا من ذلك فإنها تمد بالمعلومات التى تجعل بيئتها - أى الخلية العائلة - تصنع المزيد من الفيروسات . ترى هل تعمل النظم الحياتية البدائية بنفس الطريقة ، فيما عدا أن البيئة الخارجية بالنسبة لها هى النظام قبل الحياتى وليست إحدى الخلايا ؟ على أى جانب من جانبى الحد الفاصل تقع الفيروسات ، جانب الذكاء البدائى أم جانب الذكاء ؟

---

*نسبه إلى عمليات التمثيل فى الخلايا الحية .(المترجم) .

هيا نواصل ارتقاء سلم النظم الحياتية . سنجد أنه فى غياب الجهاز العصبى تُظهر معظم الحيوانات الدنيا هى والبكتريا والنباتات سلوكا من ذكاء سدود ألا أنها كلها تتكاثر . وبالتالى فإن النوع ككل قادر على التعلّيم . كما أن «التكيف» لبيئة معينة – سواء بالنسبة لمثوى النوع أو كذلك بالنسبة للظروف الإيكولوجية المحيطة به(مكان عيشه وكيف يكسب عيشه) يستلزم عملية من التجربة والخطأ ، حيث التجارب الناجحة تبقى محفورة على المادة الوراثية للكائن الحى .

وحيث إن الفيروسات تتكاثر (وتطفر) فإن لها القدرة على التعلم . وإذن ، فإن هذا قد يكون هو العامل الحاسم فى تقرير جانب الخط الفاصل الذى ينتمى إليه النظام – الذكاء البدائى أو الذكاء : «فإذا كان النظام يظهر القدرة على تغيير سلوكه (بذكاء) كنتيجة للخبرة – بمعنى أنه «يتعلم» – فإنه نظام يجب تصنيفه على أنه ذكى» .

والحيوانات ذات الجهاز العصبى نجد فيها أن القدرة على التعلم تظهر نفسها عند «أفراد» هذه الكائنات . ومن الناحية الأخرى ، فإن النباتات والحيوانات البدائية والميكروبات – وكلها ينقصها الجهاز العصبى – لاتظهر قدرة على التعلم إلا بعد فترة تتضمن أجيالا كثيرة . وفى كلتا الحالتين يصدق القول بأن «كل النظم البيولوجية تظهر القدرة على التعلم ، وبالتالى فإن كل النظم البيولوجية يمكن أن تصنف على أنها ذكية» .

وثانى المعلمات الرئيسية لتقييم ذكاء أحد النظم هى تلك التى تتأسس على التحكم البيئى . فالكائنات الحية التى على أقصى درجة من البدائية والبساطة تنقصها الوسائل لتوقع تغيرات البيئة . وهى لاتستطيع الاستجابة إلابعد أن يقع الحدث . وعموما فإنها تؤدى وظيفتها على أساس من الخوارزم البسيط : فإذا كانت الظروف مواتية ، هيا بنا ننمو وتتكاثر بأسرع ما يمكن ، وإذا كانت الظروف غير مواتية، هيا بنا إلى «الكمون» بأن نتحول إلى شكل لا تكاثرى له القدرة على الصمود للظروف البيئية المعاكسة . أما الكائنات الحية البسيطة التى اكتسبت خاصية الحركة فإنها يجب أن تصنف على أنها أكثر ذكاء ؛ حيث إن لديها خيارا ثانيا – وهو أن تتحرك بعيدا عن البيئات الضارة إلى بيئات حميدة.

على أن الكائن الحى المتحرك المنفرد ، مثل الأميبا ، لايمثل بالضروورة نظامًا أكثرذكاء عن نظام لايتحرك مثل شجرة القبقب : ففى كل خريف يحدث ما يذكرنا بأن شجرة القبقب لديها وسيلتها لتوقع الشتاء المقترب وهى «تعرف» متى تسقط أوراقها . والكثير من النباتات لها القدرة عن طريق اكتشاف وتحليل دورات النهار /الليل ، على أن تكتشف ما سيلى من برد الشتاء أو دفء الصيف قبل أن تحل هذه الأحداث بأسابيع . وهذه التحليلات بشأن تغيرات البيئة تعقبها الاستجابة الملائمة ، مثل إسقاط الأوراق أو تفتح البراعم الورقية . وفى كل هذا ، حتى مع غياب المخ أو

الجهاز العصبى يتم اكتشاف قدر كبير من المعلومات ، وإرساله للخلايا وتحليله ومعالجته . وتشمل المعالجة توليف البيانات التى أخذت من البيئة مع التعليمات المبرمجة فى المادة الوارثية للشجرة .

و«توقع» الظروف البيئية المعاكسة أو المواتية يجب أن يمثل أحد معايير تقدم الذكاء . على أنه حتى الأميبا أو البكتريا يمكنها أن تحس بالوقت الذى تصبح فيه البيئة غير مواتية وتستجيب بأن تشكل بذيرات (أو بوغات) تقاوم الجفاف أو تقاوم الحرارة . وفى مقابل ذلك ، فإن البذيرات يمكنها اكتشاف عودة ظهور الظروف المواتية ، الأمر الذى يسبب استنبات البذيرات لتشكل مرة أخرى كائنات حية متكاثرة . ومن الواضح أن هذا شئ لا تقدر عليه الذرات ولا البلورات .

والاتصال بين الوحدات التى تؤلف الأشكال الأدنى من الحياة يعتمد كليا أو فى أغلبه على انتشار المواد الكيماوية . و يبدو أن هذا النظام كافٍ تماما بالنسبة للكائنات الحية التى تصنع طعامها الخاص بها (كما مثلا بالتمثيل الضوئى) أو بالنسبة للكائنات التى تعيش فى بيئة يتوافر الطعام فيها توافراً غزيرا بدرجة أو أخرى . ومن الناحية الأخرى ، نجد أنه بالنسبة للكائنات الحية التى تحتاج إلى أن تجوب ما حولها للعثور على الطعام ، أو حتى – بما هو أشد حرجا – بالنسبة للكائنات المفترسة التى يكون شغلها الشاغل هو أن تأسر الفريسة «المتحركة» ، فإن انتشار الكيماويات هكذا انتشارابطيئا نسبيا عبر خلايا كثيرة هو أمر قد يثبت عموما عدم كفايته .

وحتى تتم معالجة المعلومات البيئية معالجة سريعة وحتى تتم الاستجابة العاجلة للمدخلات (عوامل الاستثارة) فإن ما تحتاجه هذه الحيوانات الأخيرة هو وسيلة لها كفاءة أعلى كثيرا من أجل أن يحدث فى الكائن ذى الخلايا المتعددة اتصال بين أجزائه ذات المسافات الأكثر تباعدا . وقد تم التوصل إلى ذلك بتطوير نوع جديد من خلية متخصصة – هى «العصبون» .

والعصبونات هى والجهاز العصبى المشتق منها قد ثبت فى النهاية أنهما مهمان لمعالجة المعلومات فى النظم البيولوجية بمثل ما ثبت مؤخرا من أن الترانزيستورات وما يشتق منها من دورة العمل الإلكترونية مهمة لمعالجة المعلومات فى النظم الآلية .

والخلية من النوع المتخصص مثل العصبونات لايمكن أن يحدث تطورها من نوع الخلايا الأكثر بدائية ذات النواة الكاذبة وهو النوع الذى تتميز به البكتريا . فأولا ، تستلزم الخلايا العصبية تجنب تلك الجدران التى تمنع عادة الاتصال السيتوبلازمى المباشر بين الخلايا ذات النواة الكاذبة . وثانيا ، نجد أن خلق الخلية العصبية يتطلب مستوى من التركب داخل الخلية هو ببساطة مستوى غير موجود فى نوع الخلايا البدائية ذات النواة الكاذبة .

وعندما يصل الأمر إلى تطوير التنظيم ، نجد أن التركب ينبنى على التركب الموجود من قبل : والخلية ذات النواة الحقيقية تمثل اندماج خلايا ذات نواة كاذبة كانت موجودة من قبل لتلتحم فى نسيج خلوى جديد . والكائنات متعددة الخلايا قد نتجت عن الاندماج المستقر وراثيا بين الخلايا ذات النواة الحقيقية . ومن الطحالب الخضراء البسيطة والإسفنجات البدائية يتم تطوير كائنات متعددة الخلايا فى أشكال تظل تتزايد دائما فى حجمها وتركبها لتنشأ عنها نباتات وحيوانات زمننا الحالى . وتركب مجموعات الخلايا ذات النواة الحقيقة يتيح المزيد من التباين والانتخاب . وسنجد عند كل مرحلة رئيسية أن تركب معالجة المعلومات يصبح أكثر تعقدا . هذا ويتم تمايز الجهاز العصبى فى وقت مبكر من تطورر الحيوانات .

وتصبح تلك العصبونات نظاما داخليا لنقل الرسائل فى الحيوانات متعددة الخلايا . على أن علينا هنا أن نلاحظ أن الطريقة القديمة تظل تستخدم فيما «بين» الخلايا العصبية : أى طريقة إرسال المعلومات عبر المشابك – بمعنى إرسالها من إحدى الخلايا العصبية للخلية التالية – فهذه المعلومات مازالت تنتقل بواسطة نبضات من انتشار المواد الكيماوية . ويصدق هذا أيضا على الرسائل التى تمر من الأعصاب إلى العضلات . على أن المسافات التى يتضمنها هذا الشكل القديم من الإشارات الكيماوية مسافات قصيرة جدا . ومن الناحية الأخرى فإن المسافات الطويلة حقا التى تمتد من أحد أجزاء الحيوان إلى جزء آخر يمكن اجتيازها سريعا بواسطة الألياف العصبية التى تشكل الجهاز العصبى . ومن الواضح أن القدرة على معالجة المعلومات عند الكائنات التى تكتسب جهازا عصبيا تتحسن تحسنا عظيما . وهى هكذا بما هى عليه لابد وأنها تساهم فى قدرة هذه الكائنات على السلوك سلوكا أكثر ذكاء.

والخطوة التطورية التالية لارتقاء السلم بالنسبة للنظم البيولوجية لمعالجة المعلومات، هى دمج التدفقات المختلفة للمعلومات التى تمر عبر الشبكة العصبية . وقد تم التوصل إلى ذلك فى أول الأمر بتنظيم تجمعات من خلايا الإرسال العصبية فيما يسمى «العقد». وبعد مئات ملايين السنين من التطور حدث دمج أكثر لتدفقات المعلومات العصبية مع القدرة على المزيد من المعالجة لهذه المعلومات ، الأمر الذى وصل ذروته بتطوير الأمخاخ الكبيرة ذات التمايز الراقى فى الثدييات الراقية .

وكل خطوة نجد فيها أن أى بنية أو نظام للمخ تتطور حديثا تزيد من قدرة الكائن الحى على التحكم فى بيئته . وتحدث إضافات أو تحسينات فى نظم المخ الموجود ، مقرونة بالمزيد من التحسينات فى نظم الإحساس بالبيئة ، وكذلك فى قدرات الجهاز العصبى المركزى ، ويؤدى هذا كله إلى أن يصبح الحصول على البيانات البيئية كما أن إرسال وتخزين واسترجاع هذه المعلومات يكون علي وجه أفضل ، وباختصار ؛ فإن ما يحدث من تحسينات عامة فى الحصول على البيانات البيئية وفى معالجتها يسهل إلى حد عظيم من التحليل العميق «لوضع العالم» ، وبالإضافة فإنه يسهل من زيادة السرعة التى يمكن للكائن الحى أن يستجب بها الاستجابة الصحيحة.

وإذا كان ما ذكرناه أعلاه يتضمن تقدما بالتحسن كميا ، فإنه توجد أيضا تغيرات كيفية . إن تسخين إحدى المواد من درجة الصفر المطلق إلى حرارة من ملايين الدرجات يؤدى إلى ظهور نقلات – مثل ذوبان الثلج ، وغليان الماء ، وتأين البخار ، الخ .– ويمثل ذلك تماما يمكننا أيضا ملاحظة نقلات أثناء زيادة المخ لقدراته كميا . وهذه النقلات يمكن ملاحظتها فى «تطور» المخ (تطوره على نطاق النوع) وكذلك أيضا فى «تنامى» القدرات العصبية والذهنية فى المواليد والأطفال من البشر(تطور المخ على النطاق الفردى) .

كما يوضح جونسون – ليرد (١٩٨٣، ص ٤٠٢) فإنه لايمكن أن توجد حياة عقلية إلا فى وجود الجهاز العصبى . فالحيوانات بغيره تستجيب لعوامل الاستثارة البيئية وكأنها كائنات ديكارت المؤتمتة . ومع تطوير جهاز عصبى مقرون بكشافات للبيئة يتزايد ما لها من حساسية ، يصبح فى الإمكان تفسير العالم.. ويتيح ذلك فى الوقت المناسب أن ينشأ عن المعالجة الداخلية للمعلومات ، نموذج للعالم ، وكلما زادت قدرة النظام كفاءة وتركبا من حيث معالجة المعلومات ، عظم الاحتمال بأن يتم خلق خريطة للعالم ذات كفاءة وتركب .

إن حشرات النحل تظهر قدرة على رسم خريطة للمنطقة التى تحيط بخليتها . وهى عندما تكشف مصدرا للطعام تستطيع توصيل هذه المعلومة بأسلوب كفء . وبالإضافة فإن حشرات النحل لها القدرة على انجاز هذا التواصل باستخدام رموز مجردة ، بلغة من الاتجاه ، وكذلك أيضا بلغة من المسافة . وباعتبار حجم مخ النحلة ، فإن هذا يبدو جد رائع .

ويشير جونسون ليرد (ص ٤٠٣) إلى كائن حى «يستخدم تصويرا للعالم الخارجى «على أنه أوتوماتون كريكى نسبة إلى كريك . وكينيث كريك (١٩٤٣) فى كتابه « طبيعة التفسير» ، يتوجه باهتمامه إلى الأشكال المبكرة من ذكاء الآلة مثل الآلات الحاسبة الميكانيكية أو أجهزة «التنبؤ» فى المدفعية المضادة للطائرات، وهو إذ يفعل ذلك يوضح أن العمليات الفيزيائية التى تحاول هذه الآلات تقليدها أو التنبؤ بها تتم محاكاتها باستخدام جهاز ما أو نموذج ما ميكانيكى داخلى (كما عرض جونسون ليرد) . ويصف جونسون ليرد هذا الروبوت الكريكى الذى أنشأه لونجيت هيجنز فيقول : كان هذا الروبوت ذو الدافع الذاتى يجول بحرية على سطح الطاولة . و عندما يقترب من أحد أطراف السطح فإنه يقرع جرس إنذار . ولم يكن يفعل ذلك كاستجابة لجهاز استشعار ما يكشف عن حرف الطاولة (سيكون تصرفه فى هذه الحالة وكأنه روبوت ديكارتى بسيط) . وبدلا من ذلك كان هناك تحت القاعدة المسطحة للروبوت الكريكى قطعة ورق للصنفرة لها نفس شكل الطاولة . وثمة عجلتان صغيرتان تدفعهما العجلات الرئيسية ، وقد صممتا لتمرا عبر ورقة الصنفرة بحيث يناظر وضع العجلتين دائما

وضع الروبوت فوق الطاولة . ووجود الضلع عند حافة ورقة الصنفرة يجعل إحدي العجلتين تنحرف ، وهذا بدوره سيؤدي إلي إقفال دائرة تسبب تشغيل جرس الإنذار .

والمخ هو والكمبيوتر ليس فى أى منهما أجزاء ميكانيكية تتحرك . والخرائط الذهنية لديهما مخزونة كأنماط من الوصلات العصبية ، أو مفاتيح تحول للتشغيل/ الايقاف . و كما رأينا فى النحل ، فإن مخا صغيرا أقصى الصغر يمكنه أن يكون فعالا بصورة رائعة .

وكما يحاج هودوس (١٩٨٢) فإن النموذج الذى ينظر إلى تقدم الذكاء من الأشكال البسيطة إلى الأشكال المتقدمة على أنه يحدث فى خط مستقيم ، لايمكن أن يفسر تعدد ظواهر الذكاء التى نقابلها فى مملكة الحيوان . وعلى النقيض فإن النموذج الذى يتأسس على المبادئ التطورية بما فيها من تفرق وتكيف لهو النموذج الذى يفسر تفسيرا أفضل كثيرا ما نلاحظه من تنوع فى السلوك وفى التشريح العصبى .

وعندما تصبح دورة العمل معقدة بالدرجة الكافية لتوليد الأنماط داخليا – منفصلة عن عوامل الاستثارة الخارجية – فإنه يصبح فى الإمكان الاشتغال «بالاستبطان» و«التجريد» . والأنماط التى تتولد داخليا تؤدى بدورها إلى أن يصبح فى الإمكان أن يتنبه الفرد لما يفعله أو لما ينوى فعله ، ثم يخطط لفعله . وهذه هى جذور «الوعى» . وعندما تحوى خريطة العالم الذهنية الحالات الذهنية لرفاق نفس النوع يكون المسرح قد تهيأ «للوعى بالذات» . ففهم الحالات الذهنية للآخرين ، حتى وإن كان ذلك فحسب بطريقة غامضة وغير دقيقة ، لابد وأن يولد أيضا صورة للذات . والحيوانات التى تظهر تنظيما اجتماعيا شاملا نجد فيها أن التعرف على الأحوال الذهنية للكائنات الأخرى أمر لابدوأن يكون حيويا لنجاحها التكاثرى ، إن لم يكن للحفاظ على بقائها بالفعل . وبالحكم من سلوكها ، فإن هذه الحيوانات الاجتماعية الراقية تتعرف على أنواع رسائل كثيرة مختلفة : «فهذا الحيوان ربما يهددنى ، وهذا الحيوان قد يتزاوج معى» و«هذا الحيوان يحذرنى من خطرما» ، و«هذا الحيوان قد يتعاون معى لمحاربة متحدينا» . ومن المحتمل أن الخرائط الداخلية لكل الرئيسيات الاجتماعية الراقية تكون فيها تصورات غير منطوقة عن كل عضو فرد من الفريق الذى تحدث له تفاعلات معه .

ونحن حتى هذه اللحظة مازلنا ننفر من التسليم بأن للحيوانات الأخرى قدرات أرقى معرفيا وذهنيا . على أنه عندما تتم القصة كلها فسيبدو من المحتمل أننا سوف نذهل بما لدى الحيوانات الراقية من قوى عقلية – تماما مثلما نتعلم الآن كيف أن الحياة العقلية لأصغر مواليد البشر لها مداها الأوسع كثيرا . ومما لاشك فيه أن ظواهر التفكير بلغة تجريدية من الاستبطان وكذلك أيضا من الوعى بالذات ، هذه كلها لايكون عمق تطورها فى معظم الثدييات كعمقه عند البشر . إلا أن هناك حقيقة علينا أن نتدبرها ، وهى أن ما لدينا نحن البشر من الوعى بالذات لايعد أنه قد تطور بأحسن درجات التطور .

وقول ديكارت المأثور «أنا أفكر إذن أنا موجود» هو مفهوم فيه إفراط فى التعاظم. وعلى أى فهو قول يحجب وراءه جهلنا. ذلك أنه رغم أننا «نعرف» أننا نفكر ، لكننا لانعرف «الطريقة» التى نفكر بها . وخريطتنا الذهنية عن وظائف مخنا هى فى أغلبها فراغ . ونحن « نعرف» أننا نتذكر ، ولكننا لانعرف «كيف » نتذكر .

وبالمثل ، فإننا ربما يكون لدينا حس بالهوية الذاتية ، وبالصورة الذاتية يتأسس على انعكاسات المرآة ، أو استجابات الأسرة والأصدقاء وزملاء العمل ، أو ربما يكون لدينا حتى صورة عامة تتأسس على تقارير وسائل الإعلام – إلا أن صورتنا الذاتية تكون عادة مضببة وقد عفى زمانها . ويصدق هذابالذات مع تقدمنا فى السن : «لست أحس بأى فارق عما كنت عليه وأنا فى السابعة عشرة » .

ولعلنا ونحن عند هذه النقطة من تطوير البشرية ، لايمكننا أن نواجه بشجاعة نموذجا للذات مضبوطا أكمل الضبط . فهذا النموذج يجب من ناحية أن يحوى شيخوختنا ومماتنا – وهذا أمر يثير الانقباض على نحو متفرد ، فنفضل أن نهمله فى موطن الإهمال الذهنى إلى أن يصير حتفنا محتوما . ثم هناك ما لدينا من نزعة للإحساس الذاتى بأننا على حق – أى النزعة لأن نفكر فى أنفسنا «كأناس خيّرين» خاصة عندما ندخل فى نزاع مع شخص آخر . وبالتالى فإن وعينا بالذات ، أى خريطتنا الذهنية عن أنفسنا التى نفخر بها أيما فخر ، مازال يتسم بقدرة محدودة من الدقة . ومع تطور البشرية ، سيكون أحد التحسينات التى تحدث لذكائنا فى المستقبل – على النطاق الفردى والجماعى معا – هو أن يتحسن فهمنا لمعنى كوننا من البشر ، بالمعنى الفردى والجماعى معا . وسوف يتأتى هذا عندما توفر لنا خبراتنا الثقافية ، بما فى ذلك أوجه التقدم والتكنولوجيا ، فهما أفضل للعوامل التى تؤدى إلى حفزنا ، وللطريقة التى يؤدى بها مخنا وظائفه – وللموقع الملائم لنا فى الخطة الكونية للأمور .

وسيكون من الخبرات الثقافية الأكثر أهمية خبرتنا بذكاء الآلة . ويطرح كريس لونجبت –هيجنز (١٩٨٧،ص ٤٣) أن «الذكاء الاصطناعى» ينبغى اعتباره قسما فرعيا من السيكولوجيا – وعلى وجه الخصوص «السيكولوجيا النظرية » . إن الكمبيوترات قد تخللت بالفعل تفكيرنا بشأن مخنا وسلوكنا ومن المفيد تعليميا أن نسترجع عند هذه النقطة ما ناقشناه عن تطور ذكاء الآلة . وبدون دخول فى التفاصيل ، نجد أنه قد يكون مما يجدر بنا طرحه هنا أحد التناولات التى تعالج تطور ذكاء الآلة فى المستقبل ، وهو التناول الذى يوجد فيه إمكان لإنتاج أكثر النتائج إثمارا . ذلك أن هانز مورافيك عالم الربوتات ومؤلف «أطفال العقل» يحاج بأن الوصول إلى الأشكال المتقدمة من ذكاء الآلة سيتم فى أغلب الاحتمال عن طريق تقليد تطور ذكاء الحيوان – وهى محاجة يقر بها تماما مؤلف هذا الكتاب .

# مستقبل الذكاء

حتى نفهم مستقبل الذكاء – أى الطريقة التى ستتطور بها ظاهرة الذكاء فى المستقبل «سنحتاج إلى أن نشد معا ثلاثة خيوط منفصلة لما مضى من التطور . وأول هذه الخيوط وأقدمها ، هو ما يتعلق «بالذكاء الفردى» البشرى هو وسلفه من الذكاء البدائى . والخيط الثانى يستلزم تتبع نشأة «الذكاء الجماعى» للرئيسيات الراقية ، ثم تطوره بعد ذلك من الذكاء الاجتماعى البشرى إلى الثقافة البشرية الكوكبية . والخيط الثالث يتطلب بحث نشأة «تكنولوجيا المعلومات» عند أسلافنا من البشر البدائيين وتتبع هذا الاتجاه حتى ذروته – أى حتى خلق ذكاء الآلة . وسوف نجد مفتاح أوجه التطور فى المستقبل فى دراستنا لتأثير هذه التكنولوجيا فى الذكاء البشرى الفردى والجماعى.

وقد تم فى الفصول السابقة إيضاح الكثير مما نود معرفته عن هذه الخيوط الثلاثة . وكل ما نحتاجه هنا هو أن نلخص هذه الخيوط المنفصلة ثم ندمجها فى لوحة نسيجية تاريخية عريضة .

من المرجح تماما أن الذكاء الفردى للرئيسيات كان سابقا للذكاء الجماعى لها والأسلاف المفترضة للرئيسيات زبابة الشجرة *– هى والرئيسيات الحية من النوع الأكثر بدائية – البروزيميات **– كلاهما حيوانات ليلية وفردية . وأغلب الظن أن هذا أدى إلى تحبيذ تجمع أفراد الرئيسيات معا فى جماعات هو الانطلاق فى الليل بعيدا عن الغابة إلى مواقع أكثر انفتاحا ، حيث يصبح الأفراد أكثر تعرضا للمخاطر . وهناك قاعدة بيولوجية أساسية هى أنه ما دام إمداد الطعام يسمح بذلك ، فإنه كلما كبر حجم الجماعة كان ذلك أفضل . وهذا أمر يتأسس علي المبدأ الإحصائى البسيط بأنه عندما تهاجم الضوارى مجموعة الحيوانات الفرائس – كالنو *** مثلا – فإن العدد الذي يتم قتله فعلا يكون تقريبا هو نفس العدد سواء كان القطيع كبيرا أو صغيرا، وهذا يعنى أنه إذا تم قتل حيوانى فى هجوم معين ، وكان حجم القطيع عشر حيوانات ، فإن الهجوم يعطى نسبة خسارة من عشرين فى المائة . ومن الناحية الأخرى لو كان حجم القطيع هو مائتى حيوانين ، فإن الخسارة ستشمل فحسب نسبة واحد فى المائة ، وإذا كان عدد القطيع عشرة آلاف فإن الخسارة لاتكاد تلحظ على الإطلاق . (وفيما يعرض فان هذه القاعدة كان موضع التطبيق أثناء الحرب العالمية الثانية : فالقوافل العابرة للأطلنطى كانت تشكل من أكبرعدد ممكن من السفن حسب ما تتيحه ظروف الإمداد والتموين ، وذلك لتقليل خسائر هجوم الغواصات) .

---

* حيوان آكل للحشرات يشبه الفأر (المترجم) .

**البروزيميات مرتبة فرعية من الرئيسيات تشمل بعض القرود الصغيرة مثل الليموز .

*** نوع من التيتل الإفريقى (المترجم) .

وتجمع أفراد الرئيسيات معا فى مجموعات هيأ المسرح لتطوير الذكاء الجماعى والذكاء الاجتماعى معا . والبابون المنفرد ما أن يصبح داخل مجموعة من الحيوانات ، كمجموعة تبلغ مثلا أربعين فردا ، فإنه أساسا يكتسب بذلك أربعين زوجا من الأعين ، أربعين منخرا ، وأربعين زوجا من الآذان ، كلها تحذر من الخطر أو تبحث مستطلعة لمصادر جديدة للطعام .. ونحن نلاحظ أن جماعات القرودلها القدرة على توصيل كل أنوا ع المعلومات عن بيئتها الفيزيقية والاجتماعية من أحد الأفراد للآخر ، ويقترن ذلك بملاحظة أنه قد يتم نقل السلوك المتعلم من جيل للآخر ، وهذا كله يدل على أنه حتى دون الارتقاء للخطوة التطورية الأعلى عند القرود العليا الراقية وأجناس البشر ، فإن الرئيسيات قد توصلت الى درجة راقية من الذكاء الجماعى والذكاء الاجتماعى معا .

أما القردة العليا الراقية ، فهى - كما ناقشنا من قبل - تظهر ذخيرة من الذكاء الفردى تتيح لها أن تتواصل بصورة ملحوظة مع مدربيها من البشر عن طريق مفاهيم تجريدية . وقد لوحظ أنها وهى فى البرية كثيرا ما تستخدم الأدوات ، بل إنها حتى تصيغ أدوات بسيطة من المواد الطبيعية . أما أسلافنا من البشر البدائيين فقد فعلوا ذلك بما هو أكثر وبصورة أفضل . وقد أدى هذا إلى ضغوط انتخابية بلغت أوجها فى تطوير قردة عليا تستطيع أن تجرى على ساقين ، بحيث تحرر الذراعين اللذين تناميا جيدا ليستخدما الأسلحة استخداما فعالا : وأفراد البشر هم الحيوانات الوحيدة التى لها القدرة على رماية الأشياء على نحو «دقيق» ! ويمثل الاستخدام الفعال للأسلحة تكيفا ناجحا لحياة السافانا ، الأمر الذى جعل تسلق الأشجار أقل أهمية . وقد أدى هذا إلى تحرر اليدين ، فأصبح فى إمكانها الآن أن يتطورا إلى أعضاء تستطيع الإمساك بالأشياء ولها القدرة على صناعة الأدوات صناعة أكثر رهافة . كما أن الاستخدام الفعال للأسلحة يتيح أيضا تصغير حجم الأنياب ، أى الأسنان التى تشكل سلاح الدفا ع (والهجوم) الرئيسى عند أفراد الرئيسيات .

وصنع الأدوات واستخدام الأدوات - بما فى ذلك تطويع الأسلحة - يستلزم السلوك بالتعلم . كما أن الاستخدام الفعال للأسلحة للصيد وكذلك للدفا ع يستلزم تعاونا وثيقا: فرجل واحد بهرواته ليس لديه فرصة كبيرة للنجاح إزاء زوج من الفهود . ولكن ستة من الرجال تكون لديهم هذه الفرصة . وعكس ذلك يحدث أثناء الصيد عندما يتفرق أفراد المجموعة بحيث يطارد فريق منهم الحيوانات الفرائس لتقع بين «أيدى» أعضاء المجموعة الذين يختبئون فى مكان آخر ، ففرصة النجاح فى الإمساك بالفريسة تتدعم هكذا إلى حد عظيم .

وهذه الأنشطة كلها تخلق ضغوطا انتخابية تدعم كثيرامن التعاون الوثيق وتدعم تنمية ذكاء جماعى يتزايد فى قوته . ويمثل الكلام البشرى (مثله مثل طريقة تواصل

الدرافيل) الذروة البيولوجية لهذه الضغوط . والكلام لايكون مهما أثناء عملية الصيد- فأفراد البشر الذين يصطادون وهم يتسللون يعرف عنهم صمتهم . أما عند تخطيط الإستراتيجية فإن الفارق بين النجاح والفشل يصبح أمرا ربما يعتمد على الكلام التجريدى . ويبدو فيما يحتمل أنه قبل أن يفد الكلام كان الكثير من هذا التخطيط الإستراتيجى يتم بالإيماءات ، وهذا من حيث المبدأ لن يكون مختلفا عما يحدث من تواصل حاذق بين ذكور الشمبانزي البالغة عند الإيقاع ببايون صغير أو أى فريسة أخرى (جودال١٩٧١).

واستخدام الإيماء للإشارة إلى الفريسة لايتطلب قدرة كبيرة للمخ . والنحلة القزمة تشير إلى مصدر للطعام عندما ترقص متأرجحة على سطح أفقى : والجزء المستقيم من الرقصة يشير إلى الاتجاه الذى ينبغى على الشغالات الأخرى أن تطير له . وهذا فى تناقض مع نحل العسل الذى يعطى الاتجاهات على سطح «رأسى» داخل خلية نحل مظلمة : وهنا فإن الاتجاهات تستلزم تصوير «تجريدى» باستخدام اتجاه الشمس وجاذبية الأرض لتوجيه الخرائط الداخلية لأعضاء الخلية الآخرين . وهذا فيه حنكة أكثر كثيراً . على أنه ما زال يتطلب فحسب المخ الصغير للنحلة ، وليس مما يثير الدهشة أن نجد أن إعطاء الاتجاهات التجريدية أمر مبرمج وراثيا ولايقبل التكيف . والبشر على عكس ذلك يتم هذا الأمر فيهم بالتعليم مع قدرة كبيرة على التكيف بالنسبة للمواقف المختلفة .

ويبدو فيما يحتمل أن الإيماء قد سبق الكلام بالصوت عند البشر ، وأن كثيرا من الكلمات الاصلية فى لغة الإنسان البدائية (أو ربما معظم الكلمات) قد استلزم استخدام أجزاء الفم البشرى فى محاولة لأن تحاكى ما كانت تفعله اليدان والذراعان (جوهانسن ، ١٩٤٩) .(حتى يكتسب القارئ بصيرة نافذة بالنسبة لهذه العملية يمكنه أن يومئ باليدين - بشأن الكلمات التالية ، بينما يقوم فى نفس الوقت بنطق كل كلمة : وادى منبسط ، تل مرتفع ، ثقب مستدير ، مارد طويل) . والإيماء لن يكون جد فعال أثناء ذروة الصيد ، أى أثناء اللحظات الأخيرة من القتل . أما ما يتفوق كثيرا على ذلك فهو الصراخ بالتحذيرات والتعليمات أثناء الإيقاع بالوحش الكبير .

وما أن يصبح النطق التجريدى هو القاعدة حتى يصبح الكلام البشرى بكل ما فيه من أوجه حذق وقدرات هائلة على التواصل ، أمراً محتوما . والكلام البشرى قد خلق ذكاءً جماعيا لايوجد ما يساويه عند أى حيوان أرضى آخر .

والكلام البشرى أصبحت له قيمته ليس فحسب كأداة لتخطيط الإستراتيجية أو لإنهاء الصيد ، وإنما هو قد أصبح أيضا مستودعا للخبرة المتراكمة . فأسلافنا من البشر البدائيين قد اكتسبوا هكذا ذاكرة جماعية ذات كفاءة أكثر بما لانهاية له ، وهى التراث الشفاهى . وعلماء الأنثروبولوجيا الذين يدرسون التراث الشفاهى لثقافات ما

قبل الكتابة يلاقون الحكايات عن أحداث قد جرت من أجيال عديدة ، يكون زمانها أحيانا أقدم بآلاف السنين - أحداث توجد عليها أدلة قائمة بذاتها (مثل انفجار أحد البراكين) .وهكذا تمكن الذكاء البشرى الجماعى من أن يأخذ فى تجاوز الزمان مثلما يتجاوز المكان .

أما الخطوة الرئيسية التالية فى تطور الذكاء البشرى الجماعى فقد استلزمت إدخال الكلمة المكتوبة التى جعلت أكثر قوة باختراع الحروف الأبجدية .

وإذا كانت الحروف الأبجدية قد أسهمت فى نشأة التفوق الاغريقى منذ ما يزيد عن ألفى عام ، فإن آلة الطباعة مصحوبة بالحروف الرومانية والأرقام العربية هى التى خلقت فى حوالى منتصف الألف عام الحالية ذكاء جماعيا عبر أوروبا بلغ من فعاليته أن توصلت الثقافة الأوروبية إلى الهيمنة على العالم .

إن الثورة الصناعية هى نتاج هذا الذكاء الجماعى الأوروبى . ومن الناحية الاخرى يمكن القول بأن الثورة الإلكترونية هى نتاج الذكاء الجماعى الكوكبى . وكلا النوعين من الذكاء ، وخاصة الأخير ، سيؤديان سريعا إلى خلق جهاز عصبى كوكبى ، سيؤدى فى الوقت الملائم إلى خلق «مخ كوكبى» .

وهذه البيئة هى التى قمنا نحن (البشر) بإدخال الكمبيوترات فيها . وإمكانات فعالية هذا التطوير مازالت غامضة إلى حد كبير بسبب ما يدور من جدل حول ما إذا كانت الكمبيوترات ذكية ، ولو كانت كذلك فهل سيحدث قط أنها ستصبح أذكى من الناس ؟ وتبين الحجج التى طرحناها فى الفصل السابق أنها سوف تكون كذلك . على أنه قد يكون من المفيد أن نوضح هنا أن نقاد ذكاء الكمبيوتر على صواب تماما عندما ينتقدون أولئك الذين يؤدى بهم حماسهم إلى الاعتقاد بأننا فى المستقبل غير البعيد جدا سنكون قادرين على خلق آلة تسلك سلوكا مثل مخ الإنسان بالضبط .

هذا ومحاولة إنشاء مخ يشبه حقا مخ الإنسان باستخدام الأجيال الحالية من الكمبيوتر يشبه محاولة إنشاء جسد بشرى من نظم الآلات المتاحة لنا اليوم . ونحن حتى الآن لايمكننا استنساخ جسد بشرى - حتى لو استخدمنا أرقى أنواع المواد البلاستيكية ، وأفضل التروس الميكانيكية ، وأبرع دوائر التحكم الإلكترونى المؤسسة على المرقفات . وربما أمكننا إنشاء روبوتات تكون ذكية وأيضا مشابهة للحياة فى سلوكها ومظهرها - ولكنك عندما تخدشها فإنها لاتنزف ، وعندما تطعمها لاتهضم ، وبصرف النظر عن أنها قادرة على تقليد الفعل الجنسى ، إلا أنه ما من روبوت سوف يتناسل ليتولد عن ذلك جيل آخر .

على أن حقيقة أننا لانستطيع أن نستنسخ نتاج آلاف عديدة من ملايين السنين من التطور ينبغى ألا تعمينا عن حقيقة أخرى هى أننا قد خلقنا آلات من كل الأنواع ذات قوة أقوى من جهاز عضلات الإنسان وأسرع من هذا الجهاز وأشد دقة عنه . ونحن قد

استطعنا بناء الأهرام بأيدينا العارية ولكن ليس ناطحات السحاب . وكمثل ، فإننا لانستطيع انتاج الآلاف من الروافد الفولاذية حسب المواصفات المطلوبة . ولنتصور محاولة بناء منشأة كهذه بدون بولدوزرات وروافع وأوناش . ها نحن نتقبل حقيقة أن الآلات تتفوق على الجهاز العضلى . وسوف نتعلم فى القرن الحادى والعشرين أن نتقبل حقيقة أن الآلات ستكون قد تفوقت على الذكاء البشرى .

على أن مفتاح تقييم الذكاء ليس موجودا فى السؤال عما إذا كان الكمبيوتر سينتهى به الأمر إلى أن يصبح أحذق من البشر ، وإنما هو موجود فى الأسلوب الذى سوف يتولف به الذكاء البشرى الفردى والجماعى مع ذكاء الآلة المخلوق بواسطة البشر ، ليتخلق من هذا كله أشكال جديدة من الذكاء غير معروفة لنا الآن . ويحدث حاليا بالفعل أن الكمبيوتر بدائى الذكاء الذى جعل فى شبكات ويستخدمه أفراد البشر العاديون – هذا الكمبيوتر وهذا الإنسان يقومان معا حاليا بتحويل الاقتصاديات الكوكبية والسياسات الكوكبية والمجتمع الكوكبى إلى أشكال من التنظيمات الجديدة تماما – التى تنفذ وظائف أو عمليات جديدة تماما . وهذا التوسع السريع فى اقتران الذكاء البشرى الفردى والجماعى مع شبكات الاتصال مضافة إلى الكمبيوترات ، ويتسبب فى ثورة أعمق كثيرا من الثورة الصناعية . «فالثورة الصناعية» كانت امتدادا «لجهازنا العضلى» و«الثورة الإلكترونية» امتدادا «لجهازنا العصبى» . أما «ثورة الكمبيوتر» فهى امتداد «لذكائنا» . وهذا التوليف الجديد من الذكاء (الفردى والجماعى الآلى) سوف يتطور ليصبح مختلفا ومتفوقا على المخ البشرى الفردى بقدر ما يختلف هذا المخ ويتفوق على العقدة البسيطة للخلايا العصبيةالتى تشكل «المخ» البدائى لدودة «البلاناريا» المسطحة .

## ضرورة الذكاء الفائق

ثمة خمسة أسباب تجعل الضغط لتطوير ذكاء فائق أمرا طاغيا . فنحن – أفراد البشر الذين يحبون كونهم من البشر – سوف نناضل حتى نحقق تطوير «الذكاء» من «الحياة» ، حتى ولوكان هذا النضال سيؤدى إلى انقراض الجنس البشرى كما نعرفه الآن .

وأول الأسباب ، ولعله أهمها هو «الضرورة البشرية» الموجودة لدينا بذخيرتها من الحوافز التى يوجد فيها نزعة إلى خلق الأشياء وإلى الرغبة فى اكتشاف الأشياء . ونحن قد أتينا من خط سلالة طويلة من الصائغين والمكتشفين – وأسوأ من ذلك أننا قد انحدرنا من خط سلالة طويلة من المغامرين . وهذه الصفات البشرية نفسها تقوم

بمعادلة خوفنا من المجهول وكذلك أيضا معادلة حرصنا على ألا نلعب بالنار . وكما يوضح السيكولوجي كريس إيفانز (١٩٧٩، ص ٢٠٣) منذ ما يزيد عن عقد ، فإن: «هدف خلق آلة فائقة الذكاء سوف يثبت أنه هدف جد مغر بما لا يمكن تجاهله» .

أما العامل الأقوى من ذلك، فهو وعينا بفنائنا نحن أنفسنا ، أى «ضرورة الخلود» وليس لدينا سوى فكرة غامضة عما يعنيه «الموت» عند الدرفيل أو الشمبانزى . ونحن أنفسنا نظل معظم الوقت نعمل على كبت انشغالنا أو تفكيرنا بشأن موتنا . إلا أن التوق إلى الخلود – أو على الأقل التوق إلى التحكم فى الموت – لهو توق حقيقى عميق . والموت محتوم طالما يظل أفراد البشر مربوطين إلى أجسادهم البشرية – حتى وإن زاد طول الحياة بالعقود أو ربما بالقرون ، وكذلك باستخدام الطب البيولوجى الحديث . هيا نتفكر إذن فيما هو محتمل من إمكان نقل كل أفكارنا وعواطفنا وخبراتنا ومشاعرنا إلى نظام يكون خالدا ؟

والسبب الثالث هو «الضرورة التكنولوجية» ؛ فكلما زادت معرفتنا أصبح من الأسهل أن نعرف معرفة أكثر . وكلما زاد مانخترعه ، أصبح من الأسهل أن نخترع ما هو أكثر. وإن ما طرح من حجج فى الفصل السابق عن السبب فى أن الكمبيوتر سيصبح أحذق من الإنسان ينطبق أيضا على كل نطاق التكنولوجيات الدماغية .

أما السبب الرابع فهو « ضرورة التغير العنيف» . ولم يحدث إلا مؤخرا أن أخذ العلماء يتقبلون فكرة أن الأرض عرضة لتغيرات عنيفة دورية تسببها أجرام سماوية بحيث إنها تسبب اضطرابات رئيسية فى منظومتنا الشمسية ، أو أنها تستلزم بالفعل وقوع اصطدام مباشر . وللتغلب تغلبا فعالا على تغيرات عنيفة كهذه ، بما يعنى مثلا أن نحلل ونتنبأ ثم نجابه التأثيرات الضارة لعصر جليدى ، سوف يتطلب الأمر ذكاءً جماعيا يفوق ما لدينا فى هذه اللحظة . على أننا نود آن نفعل ما هو أكثر : فنحن نود حماية كوكبنا هذا الذى مهما كان أرزق جميلا إلا آنه هش بالإمكان . والقيام بذلك لايتطلب فحسب أن نفهم مناخ الأرض وطريقة التحكم فيه لصالح المحيط الحيوى الموجود حاليا (بما فى ذلك محتواه البشرى) ، وإنما يتطلب أيضا فهما لكل المنظومة الشمسية وبيئتها المحيطة بها .

وأخيرا هناك «الضرورة الكونية» أى الحاجة لآن ننشر أنفسنا عبر الفضاء .

وليس من طريقة يحتمل بها أن نجتاز آلاف السنين الضوئية بأن ننتقل بأجسادنا . وكم ستكون المشكلة مختلفة لو أمكننا نقل أنفسنا كمعلومات .وكما أن تطور الكون قد تقدم من «الطاقة» إلى «المادة» إلى «الحياة» ، ويتقدم الآن إلى شكل ما من «الذكاء» ، فإنه بمثل ذلك تماما ليس من سبب يمنعنا أن نفترض أن المزيد من التطور للظاهرة التى نسميها الذكاء قد ينتج عنه «أمواج فكر» أو بعض مظهر آخر مازال الآن مجهولا لنا بالكلية . هذا ولن تكون لدينا أى فرصة للانتقال عبر الكون إلا ونحن على هيئة بعض جزء من ظاهرة كهذه .

## الحاجة إلى التعليم

التعليم له فائدة هائلة كمورد اقتصادى . فهو الأساس الفنى يستقر عليه الذكاء الجماعى للمجتمع . وكلما كان النظام التعليمى أكثر فعالية زاد مستوى الذكاء الجماعى . وهذا أمر ثبت انه عامل حاسم فى التقدم الاقتصادى للبلاد والمجتماعات فى كل أنحاء العالم .

ويوجد الآن سبب أكثر الحاحا لتوسيع النظام التعليمى . ذلك أن نمو تكنولوجيا المعلومات والاتصال نموا أسّيا قد أدى بنا إلى أننا فى الطريق للوصول إلى تغيرات متصاعدة . وهذه التغيرات السريعة لا يمكن أن تؤدى إلا إلى انحراف فى القيم ونظم الاعتقاد وقواعد السلوك – وهو ما يصفه توفلر وصفا فريدا بأنه «صدمة المستقبل» . وتوفلر يوفر لنا أيضا الوسيلة التى نتجنب بها صدمة المستقبل ، وهى : نظام تعليمى يوجه لتدريس شئون المستقبل «المتغير» .

ويجب أن نوسع التعليم ليشمل موضوعات مثل التاريخ والأنثروبولوجيا . والتاريخ يجب أن يتم تدريسه من وجهة نظر تطور المجتمع . فنحن لن نستطيع فهم الحاضر ، وأكثر من ذلك أننا لن نستطيع تخطيط المستقبل ، إذا كنا لانفهم الماضى . وبالإضافة ، فإننا نستقى الإحساس بالهوية من شعورنا بأننا جزء من التراث – حتى وإن كان يتغير – وهذا الإحساس بالهوية هو ضمانة أمان سيكولوجى تمدنا بالقوة الداخلية التى نحتاجها فرديا وجماعيا حتى نواجه السرعة المتزايدة للتغير .

والأنثروبولوجيا ستساعدنا على فهم ماضينا وتعيننا على أن نعيش فى هذه البيئة المتعددة الثقافات – بيئة تتحمل التغير والتنوع معا . ودراسة التنوع بالذات هى التى يمكن أن تثبت لنا ما يمكن أن يوجد حقا من مرونة فى الاستجابات البشرية إزاء تعدد المتطلبات البيئية . ورؤية الطريقة التى تعالج بها الثقافات الأخرى المتطلبات البشرية – وهى معالجة تحدث أحيانا فى بيئات ذات قسوة بالغة بحيث إن الغربى المتوسط لايمكنه الحفاظ على بقائه فيها لمدة تزيد عن ساعة واحدة – هذه الرؤية هى مما ينبغى أن يعد الذهن للسرعة المتزايدة لخطوات التغير الذى سوف يلتهمنا .

وهذا إذن هو السبب فى ظهور حاجة جديدة ملحة لخلق نظم تعليم تتيح للناس أن يقيمّوا بهدوء التغيرات الخطيرة التى تجابهنا ، وأن يستجيبوا بلغة من طريقة منطقية للتناول هى «إدارة التغير» . أما البديل لذلك ، بوجود سكان يجهلون هذا الأمر ، فإنه لايمكن أن يؤدى إلا إلى «عقائد لامنطقية» (إيفانز ١٩٧٣) يمكن أن تكون لها نتائج من الكوارث فى عصر شن الحرب النووية الإلكترونية .

## ملاحظات ختامية

تتأسس معرفتنا الشخصية بالكون على خريطة عصبية قد قطرت لنا محصلة توليفة من مدخلاتنا الحسية بالإضافة إلى محصلة معالجتنا للمعلومات (الأفكار والتداعي الحر والأحلام ... الخ) . ويجب أن يكون من الواضح أن ما يتم تقبله على أنه حقيقة موضوعية هو فحسب إجماع الرأى الذى يتم الاتفاق عليه بواسطة المفوضين من راصدى مجتمعنا وقواده . وليس معنى ذلك هو التشكك فى وجود كون فيزيقى . وإنما هو تشكك بالفعل فى مدى إمكان الاعتماد على إدراكنا لهذه الحقيقة .

على أنه مع كل جيل ، إن لم يكن مع كل ثانية ، يؤدى ذكاؤنا الجماعى إلى توسيع مدى ملاحظاتنا عن الكون كما ينقح إدراكنا له .

إن تطور نظم المعلومات ومعالجة المعلومات يجب أن يكون هو المفتاح لفهم تطور الكون . ويحاج ويليام باوندستون (١٩٨٥) بأنه يمكن النظر إلى الكون على أنه جرم هندسى تعريفه يتغير دوريا وهو ذو تركب يتولد ذاتيا .

والحقيقة أن هناك فرضاً يطرحه إدوارد فريدكين بمعهد ماساتشوتس للتكنولوجيا يقول فيه بوضوح إن الكون أوتوماتون خلوى ذو ثلاثة أبعاد – شبكة بلورية من وحدات منطقية تتفاعل معا ، وكل واحدة منها تتذبذب ملايين المرات فى كل ثانية . ويعتقد فريدكين أن ثمة «كمبيوتر كونى» يحدد متى تعمل كل بتة أو تتوقف عن العمل . وهناك علماء آخرون يرون أيضا أن الكون هو فى الواقع شكل من آلة حاسبة (لانداور ١٩٦٧؛ وتوفولى ١٩٧٧؛ وولفرام ١٩٨٤) وقد أشرنا فيما سبق إلى كلاوس هيفنر وماذكره عن تطور نظم معالجة المعلومات .

وقد يكون من غير الممكن أن نعرف ما يحدث فى أجزاء أخرى من الكون من حيث تطور هذه الآلة الحاسبة إلى الذكاء الخالص . على أنه ينبغى على الأقل أن نصل إلى بعض تقييم لما حدث فى كوكبنا .

إذا كان فرض الطَّفل كأصل للكون فرضا صحيحا ، يكون إذن تطور الأنظمة ذات الذكاء البدائى إلى الذكاء الحقيقى تطوراً متعدد الأصول . بمعنى أن اجتياز الحد بين النظم غير الذكية والنظم الذكية قد حدث على نحو مستقل لا مرة واحدة ، وإنما مرات متعددة فيما يحتمل . والحياة لم تنشأ نشأة متفردة ، كأن تكون مثلا قد نشأت بظهور جزئ ما وحيد شاذ استطاع أن ينظم كل الجزيئات الأخرى من حوله . والأحرى هو أن الشروط المسبقة اللازمة للحياة قد تم تطورها فوق هذا الكوكب بصورة متكررة بحيث إن المسرح كان ممهدا لتكرر ظهور نظم بيولوجية بدائية ، أمكنها بدورها أن

تؤدى إلى نشأة كائنات حية بدائية . وإذا ثبت أن فرض الطفل صحيح ، فإن الطبيعة فيما يبدو تكون قد مارست تجاربها على بلورات ومبلمرات متغايرة من «السليكون» على درجة راقية من التنظيم ، وذلك قبل تحول الطبيعة فيما بعد للمبلمرات المتغايرة «المؤسسة على الكربون» . ولعل هذه العملية قد شملت نظما مخلّطة ربما قد نظمت بطريقة عكسية لتنظيم طحالب الدياتوم التى تعد من أكثر العوالق انتشارا فى كل بحار ومحيطات العالم . وطحالب الدياتوم كائنات ذات بروتوبلازم مؤسس على الكربون على نحو نموذجى ومغلف بصدف من السيليكات . وقد يكون هذا هو التكوين المعمارى لأقدم الكائنات الحية ، ولكن هذا التكوين يمكن أن يكون أيضا على العكس من ذلك : أى أن يكون القلب من معدنيات ناسخة للذات وتتأسس على السيليكات ، وتقوم بحفز وتنظيم الجزيئات المؤسسة على الكربون (أى الجزيئات العضوية) لتشكل نظامًا من الأغشية التى تعد ضرورية لخلق بروتوبلازم بدائى .

وأيا ما تكون الطريقة التى نشأت بها الحياة ، فإن النقطة المفتاح هى أنها قد نشأت أكثر من مرة . وكما نشأت الثدييات عن الزواحف أكثر من مرة واحدة فبمثل ذلك تماما حدث تطور نظم المعلومات إلى النظم الذكية عبر مسالك عديدة . ومازالت القاعدة تصدق حتى اليوم : كلما زاد تركب النظام ، زادت المسالك الممكنة . والتركب ينبنى على تركب ، الأمر الذى يؤدى إلى خلق مستويات من التنظيم كثيرا ما تتجاوز فهمنا . ولاريب أن تركب الكثير من النظم ذات التنظيم الراقى يبدو لنا لأول وهلة وكأنه فوضوى . ويصدق هذا عندما نلاحظ التدفق البروتوبلازمى فى خلية نباتية أو حيوانية وحيدة ، مثلما يصدق أيضا عندما نلاحظ من قمة مبنى عالٍ الجماهير التى تملأ الشارع خلال وقت الذروة عند بداية (أو نهاية) يوم العمل . إلاأننا نعرف أن هذه الفوضى البادية تتضمن مظهرا لنظم راقية التنظيم (من خلايا أو مدن) ، تشتغل بأنشطة تؤدى إلى دعم وتوسيع هذه النظم .

وفى اللحظة الراهنة ، نجد أن تركب ذكائنا البشرى – الذكاء الفردى والجماعى والآلى – يثير الارتباك فينا . على أنه رغم ما نتصف به حاليا من جهل ،إلا أننا قد خلقنا الشروط المسبقة اللازمة لانبثاق «الذكاء الفائق» . وبالإضافة ، فإن هذا الشكل النقى من الذكاء ، هذا «الذكاء المابعدى» الذى يتمايز عن «الحياة» بمثل تمايز الحياة عن «المادة» و «الطاقة» ، سوف ينشأ عن طريق مسالك متعددة . بمعنى أن هذا «الذكاء» مثله مثل الحياة نفسها سوف ينشأ نشأة عديدة الأصول .

## كلمة تقدير لتيلهارد دى شاردان

الأفكار التى طرحناها فى هذا الكتاب سبق أن بشَّربها بيير تيلهارد دى شاردان (١٩٥٦) منذ ما يزيد عن ثلاثة عقود . وتيلهارد دى شاردان – كما يطرح عنوان كتابه «مكان الإنسان فى الطبيعة» – كان مشغولا بوضع الإنسانية فى الخطة التطورية لأمور الكون . وهو قد ثار على الرؤية المحدودة لمعاصريه من البيولوجيين الذين كان علم التصنيف لديهم (ومازال) يضع أجناس البشر «كقسم فرعى (عائلة) هامشى بائس ، بينما هذا الفرع يسلك وظيفيا وكأنه (التفتح الزهرى) النهائى والفريد على شجرة الحياة» (ص ٨٠) . والإنسان عند تيلهارد دى شاردان يمثل «ما هو أكثر من فرع ، بل حتى ما هو أكثر من مملكة ، إنه لا أقل من أن يكون محيطا ، المحيط الذهنى **Noo-sphere** (أو المحيط الفكرى) وقد تركب من فوق ... المحيط البيولوجي مشاركا إياه فى اتساعه . ويواصل دى شاردان القول (ص ٨٠) ليقرر أن «المحيط الذهنى ...هو فى الإنسان النتاج النهائى والأرقى لقوى الروابط الاجتماعية» ، وأنه فى المحيط الذهنى تكونت «جهود المحيط البيولوجي التى تهدف إلى التمخيخ **Cerebralization** قد وصلت إلى هدفها بعد مرور ستمائة مليون سنة .

إن انبثاق ذكاء الآلة من داخل وسط من الذكاء البشرى الفردى والجماعى يدل على أن وضع الإنسانية بالنسبة لتطور الكون هو كالتالى «إن الوظيفة الكونية للبشرية هى أن تعمل بمثابة الرابط التبادلى التطورى بين الحياة والذكاء » .

**Literature Cited**


C EVans (1973) Cults of Unreason , Harrap,London.

C EVans (1979) The Mighty Micro , Victor Gollancz, London.

J Goodall (1971) In the Shadow of Man, Houghton Mifflin, Boston , Mass.

DR Griffin (ed) (1982) Animal Mind - Human Mind , Springer - Verlag , New York .

K Haefner (1988) Evolution of information processing systems, Project Evolution of Information Processing, University of Bremen, Germany.

K Haefner (1991)The Evolution of information processing systems, Facuit,Of Mathe .matics and In for matics. University of Bremen, Germany.

W Hodos (1982) Some Perspectives on the evolution of intelligence and the brain, in Animal Mind - Human Mind (DR Griffin ed) , Springer - Verlag , New York .

A Johannesson (1949) Origin of Language, HF Leiftur, Reykjavik , Iceland .

PN Johnson - Laird (1983) Mental Models, Cambridge University Press.

R Landauer (1967) Wanted : A physically possible theory of physics, IEEE

Spectrum4(9): 105 - 109 .

HC Longuet - Higgins (1987) Mental Processes, the MIT Press, Cambridge, Mass.

H Moravec (1988) Mind Children, Havard University Press ,Cambridge, Mass.

W Poundstone (1985) the Recursive Universe, Contemporary Books, Chicago .

P Teilhard de Chardin (1956) Man´s Place in Nature, Collins, London (English translation, 1966; Fontana Books, 1971) .

T Toffoli (1977) Cellular automata mechanics, technical report 208, CCS Department, University of Michigan .

Wolfram (1984) Cellular Automata. Towards a Paradigm for Complexity, the Institute for Advanced Study, Princeton, NJ.

# المشروع القومى للترجمة

| | | |
|---|---|---|
| ١ - اللغة العليا (طبعة ثانية) | جون كوين | ت : أحمد درويش |
| ٢ - الوثنية والإسلام | ل. مادهو بانيكار | ت : أحمد فؤاد بلبع |
| ٣ - التراث المسروق | جورج جيمس | ت : شوقى جلال |
| ٤ - كيف تتم كتابة السيناريو | انجا كاريتنكوفا | ت : أحمد الحضرى |
| ٥ - ثريا فى غيبوبة | إسماعيل فصيح | ت : محمد علاء الدين منصور |
| ٦ - اتجاهات البحث اللسانى | ميلكا إفيتش | ت : سعد مصلوح / وفاء كامل فايد |
| ٧ - العلوم الإنسانية والفلسفة | لوسيان غولدمان | ت : يوسف الأنطكى |
| ٨ - مشعلو الحرائق | ماكس فريش | ت : مصطفى ماهر |
| ٩ - التغيرات البيئية | أندرو س. جودى | ت : محمود محمد عاشور |
| ١٠ - خطاب الحكاية | جيرار جينيت | ت : محمد معتصم وعبد الجليل الأزدى وعمر حلى |
| ١١ - مختارات | فيسوافا شيمبوريسكا | ت : هناء عبد الفتاح |
| ١٢ - طريق الحرير | ديفيد براونيستون وايرين فرانك | ت : أحمد محمود |
| ١٣ - ديانة الساميين | روبرتسن سميث | ت : عبد الوهاب علوب |
| ١٤ - التحليل النفسى والأدب | جان بيلمان نويل | ت : حسن المودن |
| ١٥ - الحركات الفنية | إدوارد لويس سميث | ت : أشرف رفيق عفيفى |
| ١٦ - أثينة السوداء | مارتن برنال | ت : بإشراف / أحمد عتمان |
| ١٧ - مختارات | فيليب لاركين | ت : محمد مصطفى بدوى |
| ١٨ - الشعر النسائى فى أمريكا اللاتينية | مختارات | ت : طلعت شاهين |
| ١٩ - الأعمال الشعرية الكاملة | چورج سفيريس | ت : نعيم عطية |
| ٢٠ - قصة العلم | ج. ج. كراوثر | ت : يمنى طريف الخولى / بدوى عبد الفتاح |
| ٢١ - خوخة وألف خوخة | صمد بهرنجى | ت : ماجدة العنانى |
| ٢٢ - مذكرات رحالة عن المصريين | جون أنتيس | ت : سيد أحمد على الناصرى |
| ٢٣ - تجلى الجميل | هانز جيورج جادامر | ت : سعيد توفيق |
| ٢٤ - ظلال المستقبل | باتريك بارندر | ت : بكر عباس |
| ٢٥ - مثنوى | مولانا جلال الدين الرومى | ت : إبراهيم الدسوقى شتا |
| ٢٦ - دين مصر العام | محمد حسين هيكل | ت : أحمد محمد حسين هيكل |
| ٢٧ - التنوع البشرى الخلاق | مقالات | ت : نخبة |
| ٢٨ - رسالة فى التسامح | جون لوك | ت : منى أبو سنه |
| ٢٩ - الموت والوجود | جيمس ب. كارس | ت : بدر الديب |
| ٣٠ - الوثنية والإسلام (ط٢) | ك. مادهو بانيكار | ت : أحمد فؤاد بلبع |
| ٣١ - مصادر دراسة التاريخ الإسلامى | جان سوفاجيه - كلود كاين | ت : عبد الستار الحلوجى / عبد الوهاب علوب |
| ٣٢ - الانقراض | ديفيد روس | ت : مصطفى إبراهيم فهمى |
| ٣٣ - التاريخ الاقتصادى لإفريقيا الغربية | أ. ج. هوبكنز | ت : أحمد فؤاد بلبع |
| ٣٤ - الرواية العربية | روجر آلن | ت : حصة إبراهيم المنيف |
| ٣٥ - الأسطورة والحداثة | بول . ب . ديكسون | ت : خليل كلفت |

| | | |
|---|---|---|
| ٣٦ - نظريات السرد الحديثة | والاس مارتن | ت . حياة جاسم محمد |
| ٣٧ - واحة سيوة وموسيقاها | بريجيت شيفر | ت جمال عبد الرحيم |
| ٣٨ - نقد الحداثة | آلن تورين | ت أنور مغيث |
| ٣٩ - الإغريق والحسد | بيتر والكوت | ت منيرة كروان |
| ٤٠ - قصائد حب | آن سكستون | ت محمد عيد إبراهيم |
| ٤١ - ما بعد المركزية الأوربية | بيتر جران | ت : عاطف أحمد / إبراهيم فتحى / محمود ماجد |
| ٤٢ - عالم ماك | بنجامين باربر | ت . أحمد محمود |
| ٤٣ - اللهب المزدوج | أوكتافيو پاث | ت المهدى أخريف |
| ٤٤ - بعد عدة أصياف | آلدوس هكسلى | ت مارلين تادرس |
| ٤٥ - التراث المغدور | روبرت ج دنيا - جون ف أ فاين | ت . أحمد محمود |
| ٤٦ - عشرون قصيدة حب | بابلو نيرودا | ت . محمود السيد على |
| ٤٧ - تاريخ النقد الأدبى الحديث (١) | رينيه ويليك | ت . مجاهد عبد المنعم مجاهد |
| ٤٨ - حضارة مصر الفرعونية | فرانسوا دوما | ت . ماهر جويجاتى |
| ٤٩ - الإسلام فى البلقان | هـ . ت . نوريس | ت . عبد الوهاب علوب |
| ٥٠ - ألف ليلة وليلة أو القول الأسير | جمال الدين بن الشيخ | ت محمد برادة وعثمانى الميلود ويوسف الأنطكى |
| ٥١ - مسار الرواية الإسبانو أمريكية | داريو بيانويبا وخ. م بينياليستى | ت . محمد أبو العطا |
| ٥٢ - العلاج النفسى التدعيمى | بيتر . ن . نوفاليس وستيفن . ج . روجسيفيتز وروجر بيل | ت : لطفى فطيم وعادل دمرداش |
| ٥٣ - الدراما والتعليم | أ . ف . ألنجتون | ت . مرسى سعد الدين |
| ٥٤ - المفهوم الإغريقى للمسرح | ج . مايكل والتون | ت . محسن مصيلحى |
| ٥٥ - ما وراء العلم | چون بولكنجهوم | ت على يوسف على |
| ٥٦ - الأعمال الشعرية الكاملة (١) | فديريكو غرسية لوركا | ت . محمود على مكى |
| ٥٧ - الأعمال الشعرية الكاملة (٢) | فديريكو غرسية لوركا | ت محمود السيد ، ماهر البطوطى |
| ٥٨ - مسرحيتان | فديريكو غرسية لوركا | ت : محمد أبو العطا |
| ٥٩ - المحبرة | كارلوس مونييث | ت . السيد السيد سهيم |
| ٦٠ - التصميم والشكل | جوهانز ايتين | ت صبرى محمد عبد الغنى |
| ٦١ - موسوعة علم الإنسان | شارلوت سيمور - سميث | مراجعة وإشراف محمد الجوهرى |
| ٦٢ - لذّة النّص | رولان بارت | ت : محمد خير البقاعى . |
| ٦٣ - تاريخ النقد الأدبى الحديث (٢) | رينيه ويليك | ت . مجاهد عبد المنعم مجاهد |
| ٦٤ - برتراند راسل (سيرة حياة) | ألان وود | ت : رمسيس عوض . |
| ٦٥ - فى مدح الكسل ومقالات أخرى | برتراند راسل | ت : رمسيس عوض . |
| ٦٦ - خمس مسرحيات أندلسية | أنطونيو جالا | ت : عبد اللطيف عبد الحليم |
| ٦٧ - مختارات | فرناندو بيسوا | ت . المهدى أخريف |
| ٦٨ - نتاشا العجوز وقصص أخرى | فالنتين راسبوتين | ت : أشرف الصباغ |
| ٦٩ - العالم الإسلامى فى أوائل القرن العشرين | عبد الرشيد إبراهيم | ت . أحمد فؤاد متولى وهويدا محمد فهمى |
| ٧٠ - ثقافة وحضارة أمريكا اللاتينية | أوخينيو تشانغ رودريجث | ت . عبد الحميد غلاب وأحمد حشاد |
| ٧١ - السيدة لا تصلح إلا للرمى | داريو فو | ت : حسين محمود |

| | | |
|---|---|---|
| ٧٢ - السياسى العجوز | ت . س . إليوت | ت فؤاد مجلى |
| ٧٣ - نقد استجابة القارئ | چين . ب . تومبكنز | ت حسن ناظم وعلى حاكم |
| ٧٤ - صلاح الدين والمماليك فى مصر | ل . ا . سيمينوڤا | ت حسن بيومى |
| ٧٥ - فن التراجم والسير الذاتية | أندريه موروا | ت أحمد درويش |
| ٧٦ - چاك لاكان وإغواء التحليل النفسى | مجموعة من الكتاب | ت عبد المقصود عبد الكريم |
| ٧٧ - تاريخ النقد الأدبى الحديث ج ٣ | رينيه ويليك | ت مجاهد عبد المنعم مجاهد |
| ٧٨ - العولمة . النظرية الاجتماعية والثقافة الكونية | رونالد روبرتسون | ت أحمد محمود ونورا أمين |
| ٧٩ - شعرية التأليف | بوريس أوسبنسكى | ت سعيد الغانمى وناصر حلاوى |
| ٨٠ - بوشكين عند «نافورة الدموع» | ألكسندر بوشكين | ت مكارم الغمرى |
| ٨١ - الجماعات المتخيلة | بندكت أندرسن | ت محمد طارق الشرقاوى |
| ٨٢ - مسرح ميجيل | ميجيل دى أونامونو | ت محمود السيد على |
| ٨٣ - مختارات | غوتفريد بن | ت خالد المعالى |
| ٨٤ - موسوعة الأدب والنقد | مجموعة من الكتاب | ت . عبد الحميد شيحة |
| ٨٥ - منصور الحلاج (مسرحية) | صلاح زكى أقطاى | ت · عبد الرازق بركات |
| ٨٦ - طول الليل | جمال مير صادقى | ت · أحمد فتحى يوسف شتا |
| ٨٧ - نون والقلم | جلال آل أحمد | ت ماجدة العنانى |
| ٨٨ - الابتلاء بالتغرب | جلال آل أحمد | ت : إبراهيم الدسوقى شتا |
| ٨٩ - الطريق الثالث | أنتونى جيدنز | ت · أحمد زايد ومحمد محيى الدين |
| ٩٠ - وسم السيف (قصص) | نخبة من كُتاب أمريكا اللاتينية | ت محمد إبراهيم مبروك |
| ٩١ - المسرح والتجريب بين النظرية والتطبيق | باربر الاسوستكا | ت · محمد هناء عبد الفتاح |
| ٩٢ - أساليب ومضامين المسرح الإسبانوأمريكى المعاصر | كارلوس ميجل | ت : نادية جمال الدين |
| ٩٣ - محدثات العولمة | مايك فيذرستون وسكوت لاش | ت . عبد الوهاب علوب |
| ٩٤ - الحب الأول والصحبة | صمويل بيكيت | ت . فوزية العشماوى |
| ٩٥ - مختارات من المسرح الإسبانى | أنطونيو بويرو باييخو | ت . سرى محمد محمد عبد اللطيف |
| ٩٦ - ثلاث زنبقات ووردة | قصص مختارة | ت : إدوار الخراط |
| ٩٧ - هوية فرنسا (مج ١) | فرنان برودل | ت . بشير السباعى |
| ٩٨ - الهم الإنسانى والابتزاز الصهيونى | نماذج ومقالات | ت . أشرف الصباغ |
| ٩٩ - تاريخ السينما العالمية | ديڤيد روبنسون | ت : إبراهيم قنديل |
| ١٠٠ - مساءلة العولمة | بول هيرست وجراهام تومبسون | ت : إبراهيم فتحى |
| ١٠١ - النص الروائى (تقنيات ومناهج) | بيرنار ڤاليط | ت . رشيد بنحدو |
| ١٠٢ - السياسة والتسامح | عبد الكريم الخطيبى | ت : عز الدين الكتانى الإدريسى |
| ١٠٣ - قبر ابن عربى يليه آياء | عبد الوهاب المؤدب | ت : محمد بنيس |
| ١٠٤ - أوبرا ماهوجنى | برتولت بريشت | ت : عبد الغفار مكاوى |
| ١٠٥ - مدخل إلى النص الجامع | چيرار چينيت | ت · عبد العزيز شبيل |
| ١٠٦ - الأدب الأندلسى | د. ماريا خيسوس روبييرامتى | ت : أشرف على دعدور |
| ١٠٧ - صورة الفدائى فى الشعر الأمريكى المعاصر | نخبة | ت : محمد عبد الله الجعيدى |

| | | |
|---|---|---|
| ١٠٨ - ثلاث دراسات عن الشعر الأندلسي | مجموعة من النقاد | ت : محمود علي مكي |
| ١٠٩ - حروب المياه | جون بولوك وعادل درويش | ت . هاشم أحمد محمد |
| ١١٠ - النساء في العالم النامي | حسنة بيجوم | ت : منى قطان |
| ١١١ - المرأة والجريمة | فرانسيس هيندسون | ت : ريهام حسين إبراهيم |
| ١١٢ - الاحتجاج الهادئ | أرلين علوى ماكليود | ت : إكرام يوسف |
| ١١٣ - راية التمرد | سادى پلانت | ت . أحمد حسان |
| ١١٤ - مسرحيتا حصاد كونجي وسكان المستنقع | وول شوينكا | ت : نسيم مجلى |
| ١١٥ - غرفة تخص المرء وحده | فرچينيا وولف | ت : سمية رمضان |
| ١١٦ - امرأة مختلفة (درية شفيق) | سينثيا نلسون | ت · نهاد أحمد سالم |
| ١١٧ - المرأة والجنوسة في الإسلام | ليلى أحمد | ت . منى إبراهيم ، وهالة كمال |
| ١١٨ - النهضة النسائية في مصر | بث بارون | ت : لميس النقاش |
| ١١٩ - النساء والأسرة وقوانين الطلاق | أميرة الأزهرى سنبل | ت . بإشراف/ رؤوف عباس |
| ١٢٠ - الحركة النسائية والتطور في الشرق الأوسط | ليلى أبو لغد | ت . نخبة من المترجمين |
| ١٢١ - الدليل الصغير في كتابة المرأة العربية | فاطمة موسى | ت . محمد الجندى ، وإيزابيل كمال |
| ١٢٢ - نظام العبودية القديم ونموذج الإنسان | جوزيف فوجت | ت . منيرة كروان |
| ١٢٣ - الإمبراطورية العثمانية وعلاقاتها الدولية | نينل الكسندر وفنادولينا | ت: أنور محمد إبراهيم |
| ١٢٤ - الفجر الكاذب | چون جراى | ت . أحمد فؤاد بلبع |
| ١٢٥ - التحليل الموسيقى | سيدريك ثورپ ديڤى | ت : سمحه الخولى |
| ١٢٦ - فعل القراءة | ڤولڤانج إيسر | ت : عبد الوهاب علوب |
| ١٢٧ - إرهاب | صفاء فتحى | ت : بشير السباعى |
| ١٢٨ - الأدب المقارن | سوزان باسنيت | ت : أميرة حسن نويرة |
| ١٢٩ - الرواية الاسبانية المعاصرة | ماريا دولورس أسيس جاروته | ت : محمد أبو العطا وآخرون |
| ١٣٠ - الشرق يصعد ثانية | أندريه جوندر فرانك | ت : شوقى جلال |
| ١٣١ - مصر القديمة (التاريخ الاجتماعى) | مجموعة من المؤلفين | ت : لويس بقطر |
| ١٣٢ - ثقافة العولمة | مايك فيذرستون | ت : عبد الوهاب علوب |
| ١٣٣ - الخوف من المرايا | طارق على | ت : طلعت الشايب |
| ١٣٤ - تشريح حضارة | بارى ج. كيمب | ت : أحمد محمود |
| ١٣٥ - المختار من نقد ت. س. إليوت (ثلاثة أجزاء) | ت. س. إليوت | ت : ماهر شفيق فريد |
| ١٣٦ - فلاحو الباشا | كينيث كونو | ت : سحر توفيق |
| ١٣٧ - مذكرات ضابط في الحملة الفرنسية | چوزيف مارى مواريه | ت : كاميليا صبحى |
| ١٣٨ - عالم التليفزيون بين الجمال والعنف | إيڤلينا تارونى | ت : وجيه سمعان عبد المسيح |
| ١٣٩ - پارسيڤال | ريشارد ڤاچنر | ت : مصطفى ماهر |
| ١٤٠ - حيث تلتقى الأنهار | هربرت ميسن | ت : أمل الجبورى |
| ١٤١ - اثنتا عشرة مسرحية يونانية | مجموعة من المؤلفين | ت : نعيم عطية |
| ١٤٢ - الإسكندرية : تاريخ ودليل | أ. م. فورستر | ت : حسن بيومى |
| ١٤٣ - قضايا التنظير في البحث الاجتماعى | ديريك لايدار | ت : عدلى السمرى |
| ١٤٤ - صاحبة اللوكاندة | كارلو جولدونى | ت : سلامة محمد سليمان |

| | | |
|---|---|---|
| ١٤٥ – موت أرتيميو كروث | كارلوس فوينتس | ت : أحمد حسان |
| ١٤٦ – الورقة الحمراء | ميجيل دي ليبس | ت : علي عبد الرؤوف البمبي |
| ١٤٧ – خطبة الإدانة الطويلة | تانكريد دورست | ت : عبد الغفار مكاوي |
| ١٤٨ – القصة القصيرة (النظرية والتقنية) | إنريكي أندرسون إمبرت | ت : علي إبراهيم علي منوفي |
| ١٤٩ – النظرية الشعرية عند إليوت وأدونيس | عاطف فضول | ت : أسامة إسبر |
| ١٥٠ – التجربة الإغريقية | روبرت ج. ليتمان | ت : منيرة كروان |
| ١٥١ – هوية فرنسا (مج ٢ ، ج ١) | فرنان برودل | ت : بشير السباعي |
| ١٥٢ – عدالة الهنود وقصص أخرى | نخبة من الكُتاب | ت : محمد محمد الخطابي |
| ١٥٣ – غرام الفراعنة | فيولين فانويك | ت : فاطمة عبد الله محمود |
| ١٥٤ – مدرسة فرانكفورت | فيل سليتر | ت : خليل كلفت |
| ١٥٥ – الشعر الأمريكي المعاصر | نخبة من الشعراء | ت : أحمد مرسي |
| ١٥٦ – المدارس الجمالية الكبرى | جي أتيال وآلان وأوديت فيرمو | ت : مي التلمساني |
| ١٥٧ – خسرو وشيرين | النظامي الكنوجي | ت : عبد العزيز بقوش |
| ١٥٨ – هوية فرنسا (مج ٢ ، ج٢) | فرنان برودل | ت : بشير السباعي |
| ١٥٩ – الإيديولوجية | ديفيد هوكس | ت : إبراهيم فتحي |
| ١٦٠ – آلة الطبيعة | بول إيرليش | ت : حسين بيومي |
| ١٦١ – من المسرح الإسباني | اليخاندرو كاسونا وأنطونيو جالا | ت : زيدان عبد الحليم زيدان |
| ١٦٢ – تاريخ الكنيسة | يوحنا الآسيوي | ت : صلاح عبد العزيز محجوب |
| ١٦٣ – موسوعة علم الاجتماع ج ١ | جوردون مارشال | ت بإشراف : محمد الجوهري |
| ١٦٤ – شامبوليون (حياة من نور) | جان لاكوتير | ت : نبيل سعد |
| ١٦٥ – حكايات الثعلب | أ . ن أفانا سيفا | ت : سهير المصادفة |
| ١٦٦ – العلاقات بين المتدينين والعلمانيين في إسرائيل | يشعياهو ليفمان | ت : محمد محمود أبو غدير |
| ١٦٧ – في عالم طاغور | رابندرانات طاغور | ت : شكري محمد عياد |
| ١٦٨ – دراسات في الأدب والثقافة | مجموعة من المؤلفين | ت : شكري محمد عياد |
| ١٦٩ – إبداعات أدبية | مجموعة من المبدعين | ت : شكري محمد عياد |
| ١٧٠ – الطريق | ميغيل دليبيس | ت : بسام ياسين رشيد |
| ١٧١ – وضع حد | فرانك بيجو | ت : هدى حسين |
| ١٧٢ – حجر الشمس | مختارات | ت : محمد محمد الخطابي |
| ١٧٣ – معنى الجمال | ولتر ت . ستيس | ت : إمام عبد الفتاح إمام |
| ١٧٤ – صناعة الثقافة السوداء | ايليس كاشمور | ت : أحمد محمود |
| ١٧٥ – التليفزيون في الحياة اليومية | لورينزو فيلشس | ت : وجيه سمعان عبد المسيح |
| ١٧٦ – نحو مفهوم للاقتصاديات البيئية | توم تيتنبرج | ت : جلال البنا |
| ١٧٧ – أنطون تشيخوف | هنري ترويا | ت : حصة إبراهيم منيف |
| ١٧٨ – مختارات من الشعر اليوناني الحديث | نخبة من الشعراء | ت : محمد حمدي إبراهيم |
| ١٧٩ – حكايات أيسوب | أيسوب | ت : إمام عبد الفتاح إمام |
| ١٨٠ – قصة جاويد | إسماعيل فصيح | ت : سليم عبدالأمير حمدان |
| ١٨١ – النقد الأدبي الأمريكي | فنسنت . ب . ليتش | ت : محمد يحيى |

| | | |
|---|---|---|
| ١٨٢ – العنف والنبوءة | و . ب . ييتس | ت : ياسين طه حافظ |
| ١٨٣ – چان كوكتو على شاشة السينما | رينيه چيلسون | ت : فتحى العشرى |
| ١٨٤ – القاهرة .. حالمة لا تنام | هانز إيندورفر | ت : دسوقى سعيد |
| ١٨٥ – أسفار العهد القديم | توماس تومسن | ت : عبد الوهاب علوب |
| ١٨٦ – معجم مصطلحات هيجل | ميخائيل أنوود | ت : إمام عبد الفتاح إمام |
| ١٨٧ – الأرضة | بُزُرْج علوى | ت : علاء منصور |
| ١٨٨ – موت الأدب | الڤين كرنان | ت : بدر الديب |
| ١٨٩ – العمى والبصيرة | پول دى مان | ت : سعيد الغانمى |
| ١٩٠ – محاورات كونفوشيوس | كونفوشيوس | ت : محسن سيد فرجانى |
| ١٩١ – الكلام رأسمال | الحاج أبو بكر إمام | ت : مصطفى حجازى السيد |
| ١٩٢ – سياحتنامه إبراهيم بيك | زين العابدين المراغى | ت : محمود سلامة علاوى |
| ١٩٣ – عامل المنجم | بيتر أبراهامز | ت : محمد عبد الواحد محمد |
| ١٩٤ – مختارات من النقد الأنجلو– أمريكى | مجموعة من النقاد | ت : ماهر شفيق فريد |
| ١٩٥ – شتاء ٨٤ | إسماعيل فصيح | ت : محمد علاء الدين منصور |
| ١٩٦ – المهلة الأخيرة | فالنتين راسبوتين | ت : أشرف الصباغ |
| ١٩٧ – الفاروق | شمس العلماء شبلى النعمانى | ت : جلال السعيد الحفناوى |
| ١٩٨ – الاتصال الجماهيرى | إدوين إمرى وآخرون | ت : إبراهيم سلامة إبراهيم |
| ١٩٩ – تاريخ يهود مصر فى الفترة العثمانية | يعقوب لانداوى | ت : جمال أحمد الرفاعى وأحمد عبد اللطيف حماد |
| ٢٠٠ – ضحايا التنمية | جيرمى سيبروك | ت : فخرى لبيب |
| ٢٠١ – الجانب الدينى للفلسفة | جوزايا رويس | ت : أحمد الأنصارى |
| ٢٠٢ – تاريخ النقد الأدبى الحديث جـ٤ | رينيه ويليك | ت : مجاهد عبد المنعم مجاهد |
| ٢٠٣ – الشعر والشاعرية | ألطاف حسين حالى | ت : جلال السعيد الحفناوى |
| ٢٠٤ – تاريخ نقد العهد القديم | زالمان شازار | ت : أحمد محمود هويدى |
| ٢٠٥ – الجينات والشعوب واللغات | لويجى لوقا كافاللى – سفورزا | ت : أحمد مستجير |
| ٢٠٦ – الهيولية تصنع علماً جديداً | جيمس جلايك | ت : على يوسف على |
| ٢٠٧ – ليل إفريقى | رامون خوتاسندير | ت : محمد أبو العطا عبد الرؤوف |
| ٢٠٨ – شخصية العربى فى المسرح الإسرائيلى | دان أوريان | ت : محمد أحمد صالح |
| ٢٠٩ – السرد والمسرح | مجموعة من المؤلفين | ت : أشرف الصباغ |
| ٢١٠ – مثنويات حكيم سنائى | سنائى الغزنوى | ت : يوسف عبد الفتاح فرج |
| ٢١١ – فردينان دوسوسير | جوناثان كلر | ت : محمود حمدى عبد الغنى |
| ٢١٢ – قصص الأمير مرزبان | مرزبان بن رستم بن شروين | ت : يوسف عبد الفتاح فرج |
| ٢١٣ – مصر منذ قدوم نابليون حتى رحيل عبد الناصر | ريمون فلاور | ت : سيد أحمد على الناصرى |
| ٢١٤ – قواعد جديدة للمنهج فى علم الاجتماع | أنتونى جيدنز | ت : محمد محمود محى الدين |
| ٢١٥ – سياحت نامه إبراهيم بيك جـ٢ | زين العابدين المراغى | ت : محمود سلامة علاوى |
| ٢١٦ – جوانب أخرى من حياتهم | مجموعة من المؤلفين | ت : أشرف الصباغ |
| ٢١٧ – عولمة السياسة العالمية | جون بايلس وستيث سميث | ت : وجيه سمعان عبد المسيح |
| ٢١٨ – رايولا | خوليو كورتازان | ت : على إبراهيم على منوفى |

| | | |
|---|---|---|
| ٢١٩ - بقايا اليوم | كازو ايشجورو | ت طلعت الشايب |
| ٢٢٠ - الهيولية في الكون | باري باركر | ت علي يوسف علي |
| ٢٢١ - شعرية كفافي | جريجوري جوزدانيس | ت رفعت سلام |
| ٢٢٢ - فرانز كافكا | رونالد جراي | ت نسيم مجلي |
| ٢٢٣ - العلم في مجتمع حر | بول فيرابند | ت السيد محمد نفادي |
| ٢٢٤ - دمار يوغسلافيا | برانكا ماجاس | ت منى عبد الظاهر إبراهيم السيد |
| ٢٢٥ - حكاية غريق | جابرييل جارثيا ماركث | ت السيد عبد الظاهر عبد الله |
| ٢٢٦ - أرض المساء وقصائد أخرى | ديفيد هربرت لورانس | ت طاهر محمد علي البربري |
| ٢٢٧ - المسرح الإسباني في القرن السابع عشر | موسى ماريديا ديف بوركي | ت السيد عبد الظاهر عبد الله |
| ٢٢٨ - علم الجمالية وعلم اجتماع الفن | جانيت وولف | ت ماري تيريز عبد المسيح وخالد حسن |
| ٢٢٩ - مأزق البطل الوحيد | نورمان كيمان | ت أمير إبراهيم العمري |
| ٢٣٠ - عن الذباب والفئران والبشر | فرانسواز جاكوب | ت مصطفى إبراهيم فهمي |
| ٢٣١ - الدرافيل | خايمي سالوم بيدال | ت جمال أحمد عبد الرحمن |
| ٢٣٢ - مابعد المعلومات | توم ستينر | ت مصطفى إبراهيم فهمي |

رقم الإيداع ٨٩٥٦/٢٠٠١
I. S. B. N.
977-305-297-4
مطابع المجلس الأعلى للآثار





# Beyond Information

## The Natural History of Intelligence

**Tom Stonier**

يبدأ هذا الكتاب بعرض للتاريخ الطبيعى للذكاء فى الحيوان والنبات بل والجماد ؛ فالجماد فى صورة بلورة السكر مثلاً يبدى أيضاً قدرة على معالجة المعلومات . فعندما توضع بلورة السكر فى محلول فوق مشبع ؛ فإنها تمد المحلول بالمعلومات التى تؤدى لبدء تفاعل يؤدى إلى تنامى البلورة فيما يُعرف عامياً بالسكر النبات . والمعلومات هكذا صفة فيزيقية أساسية فى كل النظم الكونية ، والذكاء ليس إلا نتيجة لتطور نظم المعلومات هذه . والذكاء - بهذا المفهوم الموسع - يمتد فى طيف متصل من الظواهر تبدأ فى أدنى الدرجات بظواهر ما يشبه الذكاء والذكاء البدائى فى الجماد ، ثم ما هو أرقى من ذلك فى النبات ؛ فالحيوانات البدائية ، ثم الحيوانات الراقية ؛ لنصل إلى أرقى الدرجات فى ذكاء البشر كأفراد وكمجتمعات .

من ناحية أخرى ؛ فإن الإنسان يوسع الآن من قدرات المخ باستخدام الكمبيوتر (الحاسوب) لاختزان المعلومات ومعالجاتها . ومنذ الخمسينيات والكمبيوتر [illegible] تطوراً سريعاً بمعدل جيل فى كل عشر سنوات تقريباً ، ونحن الآن على أ[illegible] الجيل الخامس من الكمبيوتر الذى يطمح العلماء إلى أن يكون آلة ذكية تم[illegible] ذكاءً إن لم تفقهم .

والمؤلف يسرد هذه المعلومات والنظريات بأسلوب مبسط يسهل الإلمام [illegible] شوقنا إلى معرفة المزيد عنها وعن نتائجها المثيرة .